



REESTRUTURAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA E EXECUÇÃO DE AÇÕES DE MELHORIAS NAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO EM INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA AUTOM

JOÃO PAULO GARCIA DE SOUZA

dezembro de 2020

REESTRUTURAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA E EXECUÇÃO DE AÇÕES DE MELHORIAS NAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO EM INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA AUTOMÓVEL

João Paulo Garcia de Souza
1181991

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica – Construções Mecânicas

REESTRUTURAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA E EXECUÇÃO DE AÇÕES DE MELHORIAS NAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO EM INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA AUTOMÓVEL

João Paulo Garcia de Souza
1181991

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica - Construções Mecânicas, realizada sob a orientação do Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva e coorientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica – Construções Mecânicas

JÚRI

Presidente

Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutor Milton Borsato

Full Professor, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Curitiba

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar toda minha gratidão a Deus pelo dom da vida e por permitir que o dia de hoje fosse possível. À minha família, por todo o apoio e compreensão e a todos aqueles que contribuíram para a concretização desta dissertação de mestrado.

À empresa Ficocables, pela oportunidade concedida de realização desse trabalho.

Ao Eng. Mário Silva Cardoso, orientador na empresa, que de forma profissional se comprometeu com o projeto, acompanhando e orientando em cada detalhe, pela partilha de conhecimentos e pelas valiosas críticas e sugestões. E também aos colegas de trabalho que se comprometeram em ajudar.

Ao Prof. Doutor Francisco José Gomes da Silva, pela forma atenciosa como conduziu a orientação da presente dissertação e orientação durante o estágio, não medindo esforços para ajudar no que foi proposto.

PALAVRAS CHAVE

Manutenção Preventiva, Gestão do Plano de Manutenção Preventiva, Fiabilidade, Disponibilidade, Indicadores de Desempenho.

RESUMO

Com o aumento da mecanização e com a crescente competitividade no setor industrial, a exigência é que tenhamos maior disponibilidade e fiabilidade dos equipamentos no setor fabril, condições estas que podem ser garantidas através de uma boa gestão da manutenção. Aliás, a gestão da manutenção tem um papel muito importante dentro das organizações, pois engloba atividades que ditam os objetivos, métodos e responsabilidades pertencente à sua implementação, a partir de métodos como o planeamento, controlo e supervisão, visando otimizar métodos na organização, de entre eles os aspectos económicos e legais.

A presente dissertação foi desenvolvida durante um período de estágio curricular, realizado na Empresa Ficocables, Lda., empresa focada no desenvolvimento e fabricação de componentes e dispositivos para automóveis.

O desenvolvimento do trabalho divide-se em várias propostas de melhoria, entre as quais se destacam: reduzir o número de operações de manutenção corretiva dos equipamentos, através da implementação de um plano de manutenção preventiva, realizado a partir de um levantamento prévio das avarias mais frequentes em cada equipamento, manutenção de primeiro nível aplicada de maneira sistemática, e criação de procedimentos operacionais com atribuição de tarefas aos operadores e técnicos.

A estruturação deste trabalho, se deu a partir do uso da ferramenta PDCA. Para a análise das necessidades a serem detectadas no Departamento de Manutenção, foram utilizadas algumas das ferramentas de qualidade de modo a identificar as causas-raiz do problema identificado (elevado número de avarias e não cumprimento ao plano de manutenção preventiva). O uso destas ferramentas, nomeadamente, brainstorming, diagrama de Ishikawa, PDCA e análise SWOT, permite um envolvimento maior por parte dos colaboradores das diferentes áreas dentro do departamento, deste modo, é possível

a troca de conhecimentos e, por consequência, uma análise mais fiável das possíveis causas-raiz do problema, assim como, sugestões de ações para as combater.

Foi criado um plano de manutenção preventiva bem estruturado, dividido em fases bem definidas do ciclo PDCA, que se resumem em: P – Levantamento, D – Execução, C – Análise, A – Ajustes. A definição da criticidade dos equipamentos, deu-se a partir do histórico de avarias. Para tal, foi escolhida a UAP 4 para aplicação deste planeamento de manutenção. De entre as atividades de manutenção preventiva, foram executadas diversas ações de melhorias nos equipamentos e ações de melhorias em termos organizacionais no Departamento de Manutenção. Estas ações, se resumem em ganhos adquiridos com redução de custos, organização das atividades, gestão de pessoas e gestão de *stock*. Com a aplicação das ações identificadas, conseguiu-se uma redução dos custos em armazém de aproximadamente 35,9% no primeiro ano e 89% das manutenções planeadas foram efetivamente realizadas.

KEYWORDS

Preventive Maintenance, Preventive Maintenance Plan Management, Reliability, Availability, Performance Indicators.

ABSTRACT

With increasing mechanization and increasing competitiveness in the industrial sector, the main requirement is to achieve a greater availability and reliability of equipment in the manufacturing sector, conditions that can be guaranteed through good maintenance management. Moreover, maintenance management plays a very important role within organizations, because it encompasses activities that dictate the objectives, methods and responsibilities pertaining to its implementation, using methods such as planning, control and supervision, aiming to optimize approaches in the organization, among them economic and legal aspects.

This dissertation was developed during a curricular internship, which was held at the company Ficocables, Lda., a company focused on the development and manufacture of components and devices for automobiles. The development of the work is divided into several improvement proposals, among which stand out: reduce the number of corrective maintenance operations in the equipment through the implementation of a preventive maintenance plan, carried out from a previous survey of the most frequent breakdowns in each equipment, systematically use of the first level maintenance and creation of operational procedures with tasks assigned to operators and technicians.

The structuring of this work was based on the use of the PDCA tool. To analyze the needs to be detected in the Maintenance Department, some of the quality tools were used in order to identify the root causes of the problem identified (high number of failures and failure to comply with the preventive maintenance plan). The use of these tools, namely, brainstorming, Ishikawa diagram, PDCA and SWOT analysis, allows greater involvement by employees from different areas within the department, thus, it is possible to exchange knowledge and, consequently, a more detailed analysis. Reliable analysis of possible root causes of the problem, as well as suggestions for actions to combat them.

A well-structured preventive maintenance plan was created, divided into well-defined phases of the PDCA cycle, which are summarized in: P - Survey, D - Execution, C - Analysis, A - Adjustments. The criticality of the equipment was defined based on its history of breakdowns. To this end, UAP 4 was chosen to apply this maintenance planning. Among

the preventive maintenance activities, several equipment improvement actions and organizational improvement actions were carried out in the Maintenance Department. These actions are summarized in gains acquired with cost reduction, organization of activities, people management, inventory management. With the application of the identified actions, a reduction in warehouse costs of approximately 35.9% was achieved in the first year and 89% of the planned maintenance was carried out.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

CBM	<i>Condition Based Maintenance</i>
D	Disponibilidade
EP	Eficiência de Produção
JIT	<i>Just in Time</i>
KPI's	<i>Key Performance Indicator</i> (Indicadores de desempenho)
LCM	<i>Lean Centred Maintenance</i>
MCE	Manutenção Corretiva de Emergência
MDT	<i>Mean Down Time</i> (Tempo médio de imobilização)
MPC	Manutenção Preventiva Condicionada
MPS	Manutenção Preventiva Sistemática
MTBF	<i>Mean Time Between Failure</i> (Tempo médio entre falhas)
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i> (Tempo médio de reparação)
MWT	<i>Mean Time to Wait</i> (Tempo médio de espera)
NUCREC	<i>Need Urgency Customer Rank Equipment Criticality</i>
OEE	<i>Overall equipment effectiveness</i> (Eficiência Geral do Equipamento)
Q	Qualidade
RCFA	<i>Root Cause Failure Analysis</i>
RCM	<i>Reliability Centred Maintenance</i>
RIME	<i>Relative Importance of Maintenance Expenditures</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Dies</i>
T.p.p	Trabalho pré-preparado
TF	Tempo de Parada por Falha
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TQM	<i>Total Quality Maintenance</i>
TU	Tempo Útil
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

Lista de Unidades

h	Horas
min	Minutos

Lista de Símbolos

%	Porcentagem
®	® <i>Registered</i>

GLOSSÁRIO DE TERMOS

5S	Abreviatura para 5 conceitos na língua japonesa <i>Seiri</i> (Selecionar), <i>Seiton</i> (Organizar), <i>Seiso</i> (Limpar), <i>Seiketsu</i> (Normalizar), <i>Shitsuke</i> (Autodisciplina).
A3	Ferramenta auxiliada pela filosofia <i>Lean</i> para solucionar problemas. Onde problema, análise, ações corretivas e plano de ação estão escritos em apenas uma das faces de uma única folha de papel no formato internacional A3.
Avaria	Período onde o equipamento se encontra parado devido à falha, com intervenção da equipe de manutenção e que dure um período maior que 10 minutos.
<i>Benchmarking</i>	Estrangeirismo para “avaliação comparativa”, ferramenta que auxilia a busca pelas melhores práticas de gestão da organização que conduzem desempenho superior.
<i>Brainstorming</i>	Estrangeirismo para “tempestade de ideias”, refere-se a uma técnica de dinâmica de grupo, com intuito de estimular a potencialidade criativa de um indivíduo ou de um grupo.
<i>Downtime</i>	Estrangeirismo para “tempo de inatividade”. Tempo em que um equipamento se encontra inativo.
<i>Ishikawa</i>	Também conhecido por diagrama espinha de peixe. Trata-se de uma representação gráfica que tem como objetivo auxiliar na identificação, das possíveis causas de um problema ou acontecimento específico.
<i>JIT</i>	Sistema de produção repetitiva, onde o processamento e movimentação dos materiais acontecem à medida que são necessários.
<i>Kanban</i>	Palavra japonesa que significa “cartão”. Metodologia que auxilia na garantia de um maior controle sobre o processo produtivo, ajustando o fluxo de materiais e de informação.
<i>Lean</i>	Filosofia de gestão que tem como objetivo a redução de desperdícios, através da utilização de recursos de forma mais eficiente, visando promover as atividades que realmente acrescentam valor para o cliente.
PDCA	Abreviatura para o estrangeirismo (Plan, Do, Check, Action). Metodologia interativa de gestão de quatro passos: planejar; executar; verificar e agir. Onde o objetivo é obter um melhor controle e melhoria contínua dos processos e produtos.
<i>Setup</i>	Estrangeirismo para “configuração”, que no caso da manutenção refere-se à troca de ferramentas ou alteração em alguma configuração da máquina ou equipamento.
SMED	Método utilizado para uma rápida mudança de ferramenta.
<i>Software</i>	Ferramenta utilizada para o tratamento automático da informação, que permite o “diálogo” entre o homem e o computador.
<i>Standard</i>	Estrangeirismo para “padronizar”.

<i>Stock</i>	Estrangeirismo para “inventário”.
--------------	-----------------------------------

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - PERSPECTIVA DO PAPEL DA MANUTENÇÃO AO LONGO DO TEMPO DENTRO DAS ORGANIZAÇÕES. ADAPTADO DE [2, 3, 4].	10
FIGURA 2- TIPOS DE MANUTENÇÃO. ELABORADO PELO AUTOR (2020).	12
FIGURA 3 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS PARÂMETROS MTBF, MTTR, TU (TEMPO ÚTIL) E TF (TEMPO DE PARAGEM POR FALHA). ADAPTADO DE [3, 7].	18
FIGURA 4 - ÍNDICES DE OEE E SUAS RESPECTIVAS PERDAS. ADAPTADO DE [18], [21].	20
FIGURA 5 - MODELO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO. ELABORADO PELO AUTOR (2020).	22
FIGURA 6 - OS CINCO PILARES DE TPM [30].	23
FIGURA 7 - PRINCÍPIOS PREDOMINANTES LEAN. ADAPTADO DE [34].	28
FIGURA 8 - TRÊS ETAPAS DA FERRAMENTA SMED. ADAPTADO DE [39].	34
FIGURA 9 - EXEMPLO DE UM DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO.	35
FIGURA 10 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UMA ANÁLISE SWOT.	36
FIGURA 11 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UM CICLO PDCA.	37
FIGURA 12- METODOLOGIA UTILIZADA NA REALIZAÇÃO DE UMA SESSÃO DE <i>BRAINSTORMING</i> . ADAPTADO DE [64].	39
FIGURA 13 – CENTRO DE PRODUÇÃO DA FICOCABLES [59].	49
FIGURA 14 – PORTIFÓLIO DOS CABOS DE ACIONAMENTO.	49
FIGURA 15 – GRELHAS DOS SISTEMAS DE CONFORTO.	50
FIGURA 16 – ORGANOGRAMA DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO.	51
FIGURA 17 – TAXA DE CUMPRIMENTO (%) DO PMP NA FICOCABLES EM 2019.	53
FIGURA 18 – DIAGRAMA CAUSA EFEITO PARA O BAIXO CUMPRIMENTO DO PMP NA FICOCABLES EM 2019.	54
FIGURA 19 – ANÁLISE SWOT DO DEPARTAMENTO DE MANUTENÇÃO DA FICOCABLES LDA.	61
FIGURA 20 – TOP AVARIAS DO MÓDULO DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.	61
FIGURA 21 – ETAPAS DO PMP.	65
FIGURA 22 – CRONOGRAMA DE DISPONIBILIDADE DOS TÉCNICOS PARA TRABALHOS AOS SÁBADOS.	66
FIGURA 23 – MELHORIA NO BRAÇO DE SUSTENTAÇÃO DO CILINDRO.	66
FIGURA 24 – MELHORIA NA PEÇA BATENTE DA LM IBK DAG.	67
FIGURA 25 – MELHORIA NAS TAMPAS DO POSTO DAS ESPINHAS DA LM IBK.	68
FIGURA 26 – MELHORIA EM PEÇA DO POSTO DOS CASTELOS DA LM IBK.	68
FIGURA 27 – MELHORIA NO SISTEMA DE LIMPEZA DO ARAME.	69
FIGURA 28 – MÓDULO DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO DA UAP 4.	70
FIGURA 29 – MÁQUINA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO MULTIPLAS V4-SD 160T E ELEMENTOS DO MOLDE.	70
FIGURA 30 - PROCESSO DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO DOS SISTEMAS DE CONFORTO.	71
FIGURA 31 - SISTEMA DE EXTRAÇÃO DAS PEÇAS PRODUZIDAS.	71
FIGURA 32 – SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO.	72
FIGURA 33 – SISTEMA DE TREMONHA PARA ALIMENTAÇÃO DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO.	72
FIGURA 34 – ESTRUTURA DO PLANO DE AÇÃO PARA AS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.	73
FIGURA 35 – ROBÔ MANIPULADOR DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.	74
REESTRUTURAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA E EXECUÇÃO DE AÇÕES DE MELHORIAS NAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO EM INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA AUTOMÓVEL	

FIGURA 36 – <i>CHECK-LIST</i> PARA MANUTENÇÃO DOS ROBÔS MANIPULADORES DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.	75
FIGURA 37 – PARAFUSO DE FIXAÇÃO DO MOLDE (AMARELO EM USO/AZUL A SER APLICADO).	76
FIGURA 38 – SUPORTE DO CILINDRO PARA CUNHA DE SEGURANÇA DA MULTIPLAS.	77
FIGURA 39 – NOVO SISTEMA COM DUAS TREMONHAS PARA UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS DISTINTOS.	78
FIGURA 40 – NOVO SISTEMA COM SUPORTE PARA ORGANIZAÇÃO DOS TUBOS DE ALIMENTAÇÃO DO PLÁSTICO.	79
FIGURA 41 – IMAGEM DE UM ROBÔ MANIPULADOR DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO (ANTES DA MELHORIA).	79
FIGURA 42 – IMAGEM DE UM ROBÔ MANIPULADOR DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO (APÓS MELHORIA).	80
FIGURA 43 – PROJETO 3D DE ROBÔ MANIPULADOR DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO COM CALHA ARTICULADA.	81
FIGURA 44 – MELHORIA NA BASE DE SUSTENTAÇÃO DO ROBÔ MANIPULADOR DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.	82
FIGURA 45 – MELHORIA NA PLACA DA BASE DO ROBÔ MANIPULADOR DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.	83
FIGURA 46 – TUBOS DE ÁGUA DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO (ANTES DA MELHORIA).	83
FIGURA 47 – ABRAÇADEIRA APLICADA NOS TUBOS DE ÁGUA DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.	84
FIGURA 48 – TUBOS DE ÁGUA DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO (APÓS MELHORIA).	84
FIGURA 49 – ANTES E DEPOIS DOS PÉS DE APOIO ANTI-VIBRATÓRIOS.	85
FIGURA 50 – ANTES E DEPOIS DO SISTEMA DE VISÃO ARTIFICIAL.	86
FIGURA 51 – MÁQUINA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.	86
FIGURA 52 – CRONOGRAMA DO PLANO DE AÇÃO PARA DESCOBRIR AS POSSÍVEIS CAUSAS DE FRATURA DAS COLUNAS DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.	87
FIGURA 53 – GRÁFICO COM AS HORAS DE TRABALHO DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.	89
FIGURA 54 – GRÁFICO DE SUBSTITUIÇÃO DE COLUNAS X CASOS REINCIDENTES.	92
FIGURA 55 – INTERIOR DA MÁQUINA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.	92
FIGURA 56 – GRÁFICO COM MÉDIA DE HORAS DE TRABALHO APÓS REPARO MTBF.	93
FIGURA 57 – AMOSTRA DA COLUNA PARTIDA PARA EXTRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA DA IPM_14F .	96
FIGURA 58 – COLUNA 1.	98
FIGURA 59 – COLUNA 2.	98
FIGURA 60 – FOTOGRAFIA DO MICROSCÓPIO UTILIZADADO NAS ANÁLISES.	99
FIGURA 61 – CORPO DE PROVA EXTRAÍDO DE AMOSTRA DA COLUNA PARTIDA.	101
FIGURA 62 – IMAGEM DA AMOSTRA APÓS ENSAIO DE DUREZA VICKERS.	104
FIGURA 63 – ETAPAS DO CICLO PDCA APLICADO ÀS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO.	55
FIGURA 64 – DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO CICLO PDCA APLICADO ÀS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO DA FICOCABLES.	55
FIGURA 65 – CRONOGRAMA DO PMP DAS MÁQUINAS DE CONFORMAÇÃO DE ARAME.	111
FIGURA 66 – PMP PARA AS LINHAS DE MONTAGEM (<i>SUSPENSION MAT</i>)	112
FIGURA 67 – PDCA EM DO RELATÓRIO A3 RELATIVAMENTE AS MANUTENÇÕES DAS LINHAS DE MONTAGEM.	113

FIGURA 68 – ANÁLISE AOS VALORES DE IMOBILIZAÇÃO DAS LINHAS DE MONTAGEM NA SEMANA 39.	113
FIGURA 69 – PMP DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO - PLANEADO VS REALIZADO.	114
FIGURA 70 – PMP PARA AS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.	115
FIGURA 71 – MAPA COM O PLANO DE MANUTENÇÃO DOS ROBÔS MANIPULADORES DAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.	116
FIGURA 72 – PMP PLANEJADO VS REALIZADO.	117
FIGURA 73 – VALORES OBTIDOS PARA A TAXA DE CUMPRIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA.	119
FIGURA 74 - VALORES OBTIDOS PARA O TEMPO DE IMOBILIZAÇÃO.	120
FIGURA 75 - PDCA NO RELATÓRIO A3 RELATIVAMENTE ÀS AÇÕES PARA REDUÇÃO DOS TEMPOS DE IMOBILIZAÇÃO.	121
FIGURA 76 – GRÁFICO COM OS VALORES DE MTTR DA FICOCABLES.	122
FIGURA 77 - PDCA DAS AÇÕES ABORDADAS NO RELATÓRIO A3 PARA O INDICADOR MTTR.	123
FIGURA 78 - GRÁFICO COM OS VALORES DE MTBF DA FICOCABLES.	124
FIGURA 79 - PDCA DAS AÇÕES ABORDADAS EM RELATÓRIO A3 PARA O INDICADOR DE MTBF.	124
FIGURA 80 – VALORES DE OEE DA CONFORMAÇÃO DE ARAME.	125
FIGURA 81 – PDCA DO RELATÓRIO A3 RELATIVA AO INDICADOR OEE DA CONFORMAÇÃO DE ARAME.	126
FIGURA 82 - ANÁLISE DOS CUSTOS DO DMI ALOCADOS POR ÁREA.	127
FIGURA 83 - VALORES PARA O INDICADOR DE ANÁLISES DE CUSTOS DO DMI DA FICOCABLES.	128
FIGURA 84 -PDCA DAS AÇÕES ABORDADAS EM RELATÓRIO A3 PARA REDUÇÃO DOS CUSTOS.	128
FIGURA 85 - VALORES ANUAIS PARA O INDICADOR DE VALOR DE ESTOQUE.	129
FIGURA 86 - TOP 45 EQUIPAMENTOS COM MAIS AVARIAS.	130
FIGURA 87 - CICLO DO PMP DA FICOCABLES.	131
FIGURA 88 - ESTRUTURA DOS PROCESSOS DO DMI.	131

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - EXPECTATIVAS E ESTRATÉGIAS ADOTADAS PELA MANUTENÇÃO. ADAPTADO DE [4, 5].	11
TABELA 2 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DA MANUTENÇÃO CORRETIVA NÃO PLANEADA. ADAPTADO DE [8].	13
TABELA 3 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA. ADAPTADO DE [8,11].	14
TABELA 4 - TIPOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA.	15
TABELA 5 - INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO (KPI'S). ADAPTADO DE [8].	17
TABELA 6 - ÍNDICES QUE COMPÕEM O INDICADOR OEE. ADAPTADO DE [3, 17, 20].	19
TABELA 7 - CÁLCULO DOS ÍNDICES QUE COMPÕEM O OEE: DISPONIBILIDADE, EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO E QUALIDADE. ADAPTADO DE [3, 17, 18].	20
TABELA 8 - TIPOS DE TÉCNICAS DE ANÁLISE DE CRITICIDADE DE ATIVOS. ADAPTADO DE [31].	26
TABELA 9 - FATORES IMPORTANTES PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO RIME. ADAPTADO DE [1].	26
TABELA 10 - CLASSIFICAÇÃO DAS DESPESAS DE MANUTENÇÃO SEGUNDO O MÉTODO RIME. ADAPTADO DE [1].	27
TABELA 11 - PRINCÍPIOS DE IMPLEMENTAÇÃO LEAN. ADAPTADO DE [38].	29
TABELA 12 - SETE PONTOS PARA ELIMINAÇÃO DO DESPERDÍCIO. ADAPTADO DE [7].	30
TABELA 13 - AS SEIS GRANDES PERDAS A SEREM FOCADAS NA FILOSOFIA KAIZEN. ADAPTADO DE [7].	31
TABELA 14 - OBJETIVOS DA FILOSOFIA KAIZEN. ADAPTADO DE [7].	32
TABELA 15 - CONCEITOS 5S. ADAPTADO DE [29, 42].	33
TABELA 16 - TRABALHOS DE REFERÊNCIA	41
TABELA 17 - TRABALHOS DE REFERÊNCIA	42
TABELA 18 - TRABALHOS DE REFERÊNCIA	43
TABELA 19 – DISTRIBUIÇÃO DAS UAP'S	51
TABELA 20 – PROBLEMAS APRESENTADOS RELATIVOS AO NÃO CUMPRIMENTO DO PMP.	59
TABELA 21 – PROBLEMAS PRINCIPAIS/GRAVES APRESENTADOS.	60
TABELA 22 – PONTOS COM NECESSIDADE DE MELHORIAS	62
TABELA 23 – POSSÍVEIS SOLUÇÕES	63
TABELA 24 – GRUPOS DE EQUIPAMENTOS DA UAP 4.	64
TABELA 25 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DA MULTIPLAS V4-SD 160T ADAPTADO DE (HTTPS://WWW.MULTIPLAS-TW.COM/PRODUCT/81).	88
TABELA 26 – VALOR MÉDIO DE HORAS TRABALHADAS ENTRE MÁQUINAS COM E SEM AVARIAS DE COLUNAS PARTIDAS.	89
TABELA 27 – DATAS X HORAS DE PRODUÇÃO X Nº DE COLUNAS SUBSTITUÍDAS.	90
TABELA 28 – HORAS DE PRODUÇÃO X AVARIAS ANUAIS.	91
TABELA 29 – INDICADORES DE DESEMPENHO PARA OS DOIS TIPOS DE SUBSTITUIÇÃO.	93
TABELA 30 – MÉDIA DE HORAS EMPREGADAS E CUSTOS COM FORNECEDOR.	94
TABELA 31 – ESTIMATIVA DE CUSTOS ASSOCIADOS ÀS AVARIAS.	94
TABELA 32 – RELAÇÃO ENTRE O CUSTO POR HORA X MTBF.	95
TABELA 33 - CUSTO DAS PEÇAS E CAPACIDADE MÉDIA DE PRODUÇÃO POR HORA.	95
TABELA 34 – PREPARAÇÃO DA AMOSTRA PARA ANÁLISE EM MEV.	97

TABELA 35 – ANÁLISE DE AMOSTRA DA COLUNA 1 EM MEV.	99
TABELA 36 – ANÁLISE DE AMOSTRA DA COLUNA 1 EM MEV.	100
TABELA 37 – PREPARARAÇÃO DA AMOSTRA PARA ANÁLISE METALOGRÁFICA.	102
TABELA 38 – IMAGENS DA ANÁLISE METALOGRÁFICA.	103
TABELA 39 – IMAGENS DA ANÁLISE METALOGRÁFICA.	103
TABELA 40 – VALORES OBTIDOS NO ENSAIO DE DUREZA.	104
TABELA 41 – ANÁLISE ANTERIOR E POSTERIOR ÀS AÇÕES DE MELHORIA NAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.	105
TABELA 42 – SITUAÇÃO ANTERIOR E POSTERIOR ÀS AÇÕES GERAIS DE MELHORIAS.	106
TABELA 43 – FÓRMULA DE CÁLCULO PARA A TAXA DE CUMPRIMENTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA.	118
TABELA 44 – FÓRMULA DE CÁLCULO DO TEMPO DE IMOBILIZAÇÃO.	120
TABELA 45 – FÓRMULA DE CÁLCULO DE A INDISPONIBILIDADE.	121
TABELA 46 – FÓRMULA DE CÁLCULO DO INDICADOR MTTR.	122
TABELA 47 - FÓRMULA DE CÁLCULO DO INDICADOR MTBF.	123
TABELA 48 - FÓRMULA DE CÁLCULO DO INDICADOR OEE.	125
TABELA 49 - ORGANIZAÇÃO DAS EQUIPAS DE MANUTENÇÃO POR GRUPO DE EQUIPAMENTOS.	130
TABELA 50 - ANÁLISE AO CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS PROPOSTOS PARA O PROJETO (EM VERDE SIGNIFICA IMPLEMENTADO E AMARELO O QUE ESTÁ EM DESENVOLVIMENTO)	135

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	3
1.1 Contextualização do trabalho	3
1.2 Objetivos e Metodologia	4
1.3 Estrutura da dissertação.....	5
1.4 Empresa de acolhimento.....	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 Evolução da função manutenção	9
2.2 Tipos de manutenção	11
2.2.1 Manutenção corretiva planejada	12
2.2.2 Manutenção corretiva não planejada	13
2.2.3 Manutenção preventiva	14
2.3 Indicadores em Manutenção.....	15
2.3.1 Tipos de Indicadores	16
2.3.2 MTBF – Tempo Médio Entre Falhas	17
2.3.3 MTTR – Tempo Médio para Reparação	18
2.3.4 Disponibilidade	18
2.3.5 OEE – Índice de Eficiência Global do Equipamento	19
2.4 Gestão da manutenção	21
2.4.1 TPM – Total Productive Maintenance	23
2.4.2 Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM)	24
2.4.3 Hierarquia de ativos e sua identificação	25
2.5 Lean aplicado à manutenção.....	27
2.5.1 Desperdícios Lean	29
2.5.2 Ferramentas Lean	31
2.5.3 Kaizen	31
2.5.4 5S	32
2.5.5 SMED – (Single Minute Exchange of Die)	33
2.5.6 Fluxo contínuo	34
2.6 Ferramentas da Qualidade	35

2.6.1	Diagrama de Causa e Efeito (Diagrama Ishikawa)...	35
2.6.2	Análise SWOT	36
2.6.3	Ciclo PDCA	37
2.6.4	Brainstorming.....	39
2.7	Ensaio de Dureza Vickers.....	39
2.8	Estudo e análise de outros trabalhos realizados.....	40
3	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO INICIAL.....	47
3.1	Caracterização da empresa	47
3.1.1	História da empresa em Portugal	48
3.1.2	Organização dos Departamentos da Ficocables	50
3.1.3	Unidade Autónoma de Produção UAP	51
3.2	Caracterização do Problema	52
3.2.1	Manutenção Preventiva no contexto da Ficocables.....	52
3.2.2	Taxa de cumprimento do Plano de Manutenção Preventiva	52
3.2.3	Deteção do problema	53
3.3	Metodologia de abordagem dos problemas.....	54
3.3.1	Início das atividades de manutenção preventiva	56
4	DESENVOLVIMENTOS E RESULTADOS	59
4.1	Tempestade de ideias para identificação de problemas.....	59
4.1.1	Problemas principais/graves apresentados	59
4.1.2	Levantamento dos principais problemas apresentados no Módulo de Injeção de Plástico	61
4.1.3	Necessidade de melhorias	62
4.1.4	Apresentação de Possíveis Soluções	63
4.1.5	Plano de Manutenção Preventiva (PMP) da Ficocables Lda.....	64
4.2	Ações de melhorias aplicadas	65
4.2.1	Cronograma para os trabalhos aos sábados	65
4.2.2	Diversas ações de melhorias aplicadas nos equipamentos	66
4.3	Ações de melhorias urgentes aplicadas ao Módulo de Injeção de Plástico.....	69
4.3.1	Funcionamento do Módulo de Injeção de Plástico	69
4.3.2	Plano de Manutenção Preventiva e Execução das Atividades para as máquinas de Injeção de Plástico	73
4.3.3	Manutenções de melhoria aplicadas	75
4.3.3.1	Manutenções de melhoria aplicadas em sistemas que envolvem o bom funcionamento e segurança operacional	75

4.3.3.2 Manutenções de melhoria nas tremonhas para melhorar o setup na injeção de peças na cor preto ou branco	77
4.3.3.3 Manutenções de melhoria no layout e organização dos tubos de alimentação do plástico 78	
4.3.3.4 Manutenções de melhoria aplicadas nos robôs manipuladores	79
4.3.3.5 Manutenções de melhoria aplicadas nos tubos de água	83
4.3.3.6 Manutenções de melhoria aplicadas nos pés de apoio	85
4.3.3.7 Manutenção de melhoria aplicada no sistema de visão artificial	85
4.4 Resolução de problema com colunas de sustentação do fecho do molde partidas	86
4.4.1.1 Metodologia de abordagem das possíveis causas	87
4.4.1.2 Análise ao estado do equipamento e seu funcionamento	87
4.4.1.3 Levantamento e análise ao histórico de avarias	88
4.5 Análises realizadas em amostra do material	96
4.5.1.1 Análise em Microscópio Eletrônico de Varrimento (MEV)	96
4.5.1.2 Laboratório do CEMUP	97
4.5.1.3 Preparação das amostras no Laboratório do CEMUP	97
4.5.1.4 Seleção das amostras para análises	98
4.5.1.5 Análises aos corpos de prova	99
4.5.1.6 Metalografia	101
4.5.1.7 Ensaio de Dureza Vickers	104
4.6 Resumo das ações de melhoria e seu impacto	105
5 PLANEAMENTO DAS AÇÕES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA UAP 4	111
5.1.1 PMP aplicado nas Máquinas de Conformação de Arame (Tecnologias e Dorcas)	111
5.1.2 PMP aplicado nas Linhas de Montagem (Suspension Mat)	112
5.1.3 PMP aplicado nas Máquinas de Conformação de Arame (CNC)	113
5.1.4 PMP aplicado nas Máquinas de Injeção de Plástico	114
5.1.4.1 PMP aplicado nos robôs manipuladores das Máquinas de Injeção de Plástico	115
5.1.5 Resultados obtidos com o novo modelo de gestão do Plano de Manutenções Preventivas	116
5.2 Indicadores Existentes e Novos Indicadores Implementados	118
5.2.1 Indicadores Preexistentes e Sua Evolução Global	118
5.2.1.1 Taxa de Cumprimento de Manutenção Preventiva	118
5.2.1.2 Imobilização	119
5.2.1.3 MTTR	121
5.2.1.4 MTBF	123
5.2.1.5 OEE	124
5.3 Implementação de Novos Indicadores	126
5.3.1.1 Análise de Custos	127
5.4 Implementação de Manutenção Preventiva	129

5.5 Análise crítica global I.....	132
6 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	135
6.1 Conclusões	135
6.2 Contribuição para a empresa e para o estagiário	137
6.3 Trabalhos futuros	137
7 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	141
7.1 Referências	141

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do trabalho

1.2 Objetivos e Metodologia

1.3 Estrutura da dissertação

1.4 Empresa de acolhimento

1 INTRODUÇÃO

Nos subcapítulos que se seguem, é feita uma abordagem aos objetivos, metodologia, estrutura da dissertação e sobre a empresa de acolhimento.

1.1 Contextualização do trabalho

A indústria de automóvel tem um papel importante a nível global, decorrente da grande importância que o automóvel tem na vida das pessoas nos dias de hoje. É um instrumento capaz de proporcionar grande mobilidade. Devido a essa globalização, a indústria automóvel tem um papel chave no desenvolvimento económico e de novas tecnologias. A modernização deste mercado deu à indústria automóvel o apelido de “indústria das indústrias”, pois trata-se de uma das atividades industriais de maior importância a nível mundial. É uma indústria com grande capacidade de se reorganizar de maneira eficaz e rápida no espaço global, com uma forte aposta a nível internacional e de investimento estrangeiro.

Os governos têm extrema importância para a indústria, com incentivos de investimentos diretos, uma vez que a vitalidade da indústria está ligada diretamente à vitalidade da economia de cada país ou região, podendo atravessar por alguns momentos alguma instabilidade, quando a capacidade produtiva excede a procura. Os mercados tendem a saturar quando atingem determinado nível de maturidade, necessitando de constante renovação, buscando novas soluções que tenham uma maior funcionalidade ou associadas a uma determinada imagem ou estatuto.

Toda este conjunto de fatores torna o consumidor mais exigente e mais consciente do seu papel enquanto elemento dinamizador da evolução industrial, o que leva a própria indústria a novos esforços para atender ou antecipar as suas solicitações, resultando na segmentação de mercado a fim de satisfazer os seus nichos. Desta forma, cada vez mais as empresas do setor buscam soluções de *outsourcing* para produzir pequenos automóveis e peças, buscando simultaneamente fusões e aquisições a fim de garantir economias de escala.

A indústria de componentes para veículos automóveis apresenta grande poder negocial por parte dos clientes (grandes marcas mundiais fabricantes de automóveis), sendo um exemplo da constante pressão visando obter vantagens competitivas, demonstrando elevada capacidade de inovação, redução de custos de produção e distribuição. A indústria dos componentes para automóvel tem apresentado um crescimento quer em

vendas, quer na exportação. A resposta a essa questão depende diretamente do que as empresas deste setor conseguem apresentar ao nível da inovação, seja ela tecnológica ou na capacidade de controlar os custos, acompanhando a evolução das demais indústrias do setor automóvel.

Uma unidade fabril possui características muito complexas e necessidades operacionais específicas que necessitam de gestão, nas quais se inclui a gestão da manutenção, que é responsável por assegurar o bom funcionamento e aumento da vida dos equipamentos e instalações. Com a automatização na indústria, têm-se equipamentos, sistemas e instalações bastante complexos, que contam com sistemas mecânicos, pneumáticos, hidráulicos e elétricos, sendo que todos estes elementos estão sujeitos a sofrer degradação com o passar do tempo e a sua utilização (ou não), sendo necessária uma atenção especial para o setor de manutenção, já que a modernização está associada a um maior custo e maior necessidade de manutenção nos equipamentos. Desta forma, a gestão da manutenção mostra-se como um fator importante para a redução de custos e aumento da produtividade.

O trabalho de aplicar um planeamento de manutenção pode gerar grandes desafios, pois é necessário que a produção e a manutenção tenham uma boa relação de parceria, permitindo a disponibilidade do equipamento para que o setor de manutenção possa intervir e realizar as manutenções planeadas no momento certo.

1.2 Objetivos e Metodologia

O presente trabalho teve como principal objetivo a reestruturação do plano de manutenção preventiva focado na fiabilidade dos equipamentos, e a execução de um plano de ações de melhorias no módulo de injeção de plástico. A reestruturação do plano de manutenção preventiva tem como objetivo aumentar a disponibilidade dos equipamentos e assim gerar maior produtividade e redução dos custos. Para tal, foi adotada a metodologia de investigação que tem como objetivo a resolução de problemas reais, denominada de *Action-Research*. Inicialmente, foi necessário conhecer e determinar o cenário a ser estudado, e entender os processos de fabricação.

Na primeira etapa, foi realizado um *Brainstorming* com a direção da manutenção, onde se decidiu o plano de ação a ser executado. A proposta inicial foi dividida em algumas fases, conforme seguidamente se descreve:

- Levantamento do histórico de avarias das máquinas;
- Reuniões com os técnicos para apresentar o plano de ação e definir as equipas de trabalho. Seguidamente, planejar as ações de manutenção, visando priorizar as máquinas com maior número de avarias;

- Apresentar o plano à equipa da produção, visando garantir a disponibilidade das máquinas por dois dias, sendo um para realizar a manutenção e outro para os ajustes finais e afinações;
- Realizar um levantamento do material necessário para a manutenção junto com o técnico responsável pela respectiva intervenção, duas semanas antes da data programada, e realizar um *Brainstorming* sobre os pontos mais críticos a serem executados. Ajustar o T.p.p (Trabalho pré-preparado), cruzando as informações obtidas no histórico do equipamento e as informações fornecidas pelo responsável da manutenção do mesmo;
- Verificar a disponibilidade do material em armazém e, se necessário, fazer a encomenda e a correspondente reserva para a manutenção, de modo a trabalhar com *stock* mais baixo possível, utilizando a filosofia *Lean*.
- Acompanhar todo o processo e validar as ações de manutenção;
- Acompanhar o desempenho do equipamento após manutenção, e verificar a eficácia da intervenção.

Após a definição dos objetivos e dar início aos trabalhos, observou-se uma grande necessidade de melhorias e um maior foco nas manutenções preventivas nas máquinas de injeção de plástico, devido a algumas avarias frequentes e pontos a serem melhorados para evitar outras avarias, de forma a contribuir para a melhor conservação do equipamento. Devido a esta necessidade, as máquinas de injeção foram escolhidas para estudo de caso do presente trabalho, juntamente com outras melhorias em outros grupos de máquinas e peças de desgaste, onde se detetou a oportunidade de reduzir os custos de operação das mesmas, ou melhoria da sua funcionalidade. Ao longo do Capítulo 4, serão apresentadas as propostas de melhorias e o seu impacto na implementação.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está dividida em seis capítulos, encontrando-se estruturada de modo a possibilitar uma fácil compreensão da mesma por parte do leitor. Deste modo:

- Capítulo 1: contempla a introdução ao tema da dissertação, seguido da sua contextualização. Também são apresentados os objetivos e as respectivas metodologias para os atingir.
- Capítulo 2: engloba toda a pesquisa bibliográfica necessária para o desenvolvimento e fundamentação do trabalho. Desta forma, faz-se uma abordagem aos conceitos, metodologias e ferramentas relacionadas com a manutenção. É também realizada uma breve apresentação da evolução da manutenção ao longo do tempo.
- Capítulo 3: é realizada uma breve apresentação da empresa e seu processo produtivo. Na sequência, são identificados e quantificados os problemas atuais relacionados com a manutenção.

- Capítulo 4: é realizado um levantamento relacionado com os problemas apresentados na manutenção, e que necessitem de ações de melhorias. Em seguida, são identificados e quantificados os problemas presentes relacionados com os equipamentos mais críticos e as ações de melhorias abordadas, assim como as análises realizadas em amostras de material com falhas reincidentes.
- Capítulo 5: é apresentado o novo Plano de Manutenção Preventiva implantado na Ficocables, assim como os valores obtidos para os indicadores de desempenho.
- Capítulo 6: são apresentadas as conclusões práticas, os objetivos atingidos, resultados e algumas considerações finais sobre o trabalho realizado. Neste capítulo são apresentadas as contribuições para a empresa e para o estagiário, e algumas sugestões de trabalhos futuros.

Na sequência dos capítulos anteriores, estão apresentadas todas as referências bibliográficas que estiveram na base da elaboração deste relatório e, por fim, são disponibilizados os anexos com material de referência para o leitor.

1.4 Empresa de acolhimento

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do Mestrado de Engenharia Mecânica, no ramo de Construções Mecânicas do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) e realizado no contexto de estágio curricular no departamento de manutenção da empresa Ficocables, empresa localizada na Maia, entre 16 de julho de 2019 a 29 de fevereiro de 2020, sob a supervisão do Eng. Mário Silva Cardoso, na Ficocables.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Evolução da função manutenção

2.2 Tipos de manutenção

2.3 Indicadores em manutenção

2.4 TPM

2.5 Lean aplicado à manutenção

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Evolução da função manutenção

A manutenção teve uma evolução consistente e exponencial nos últimos 20 anos, período durante o qual sofreu várias mudanças, passando a outro nível. Estas mudanças consistiram no aumento considerável dos ativos (equipamentos e infraestrutura), assim como na sua variedade, a presença de novas tecnologias e equipamentos com maior complexidade, obrigando à evolução da manutenção, em termos de novas técnicas operacionais, o que originou mudanças a nível de organização e gestão da manutenção.

As organizações num todo, sejam as mesmas com ou sem fins lucrativos, indústria ou serviços, utilizam ativos para atingir os seus objetivos. De modo a desempenhar adequadamente as funções para as quais foram adquiridos, os ativos precisam ser mantidos ou repostos nas condições adequadas para tal função. A manutenção tem um papel fundamental em assegurar que os ativos estejam em condições de desempenhar as funções solicitadas [1].

Nos últimos tempos, a manutenção industrial evoluiu, de modo a deixar de ser um problema para passar a ser uma preocupação estratégica. Provavelmente existem poucas outras áreas administrativas que tenham passado por tantas mudanças ao longo do último meio século. Ao longo desse período, o papel da manutenção dentro das organizações foi drasticamente transformado, passando de uma mera parte inevitável da produção, para um elemento estratégico essencial que visa permitir atingir os objetivos do negócio [2].

Assim, essa questão não incluiu apenas a otimização de soluções técnicas de manutenção, mas, mais que isso, tende a atrair para a manutenção a atenção da organização, resultando numa função completa, deixando de ser uma sub-função de produção. Claramente, a função tornou-se muito mais complexa, pois trata-se de uma gestão da manutenção, englobando competências técnicas e de gestão, e poder para lidar com o ambiente dinâmico dos negócios [3].

Uma estratégia bem pensada e uma implementação dessa estratégia feita de maneira cuidadosa, pode influenciar significativamente o lado financeiro da organização. Hoje, a manutenção é considerada como sendo um parceiro no desenvolvimento da estratégia de negócios [4].

A Figura 1 ilustra a evolução da manutenção nas últimas décadas.

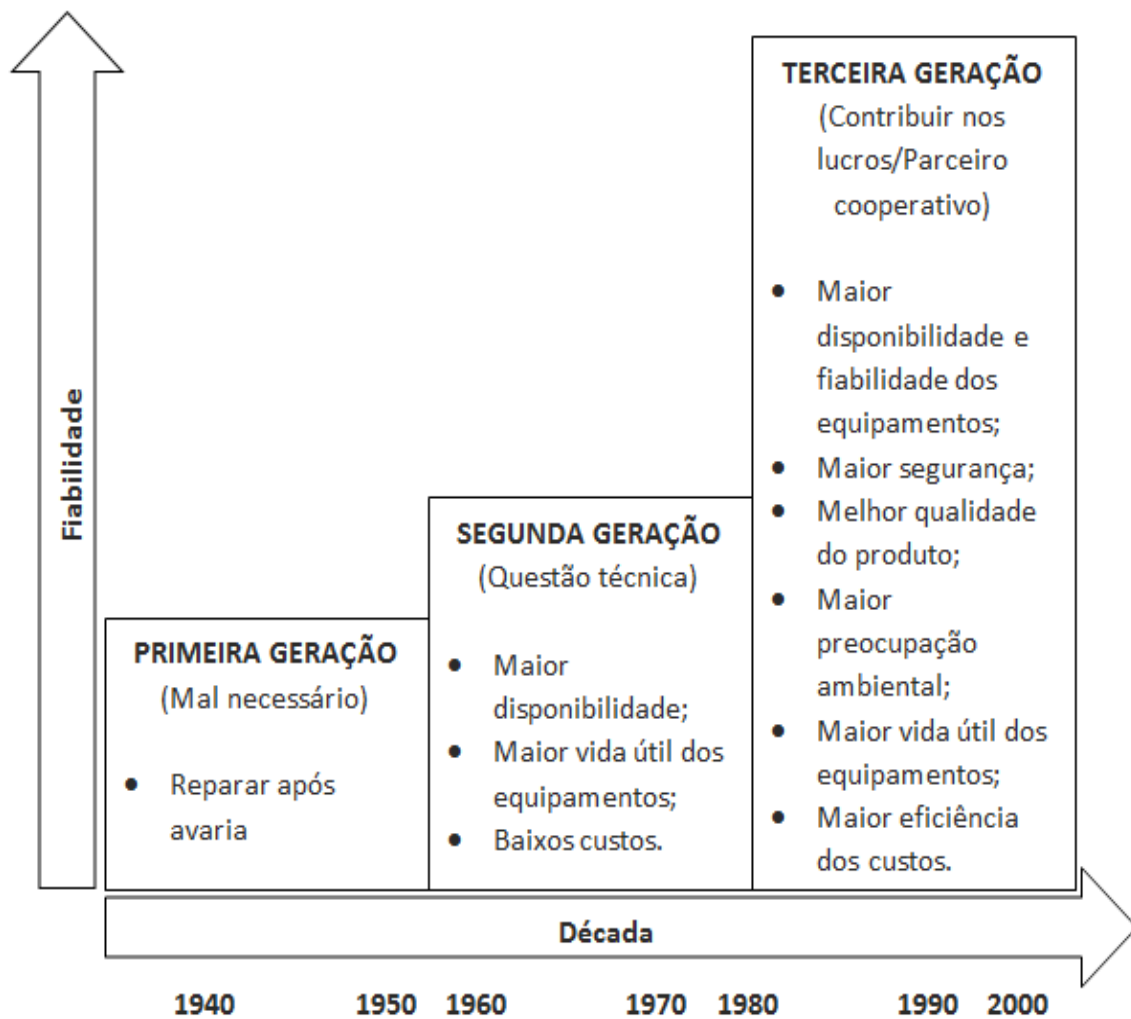


Figura 1 - Perspectiva do papel da manutenção ao longo do tempo dentro das organizações. Adaptado de [2, 3, 4].

Com a globalização, e devido ao grande aumento da concorrência entre as empresas, associadas a um nível tecnológico mais elevado e um mercado mais exigente em termos de qualidade, obrigaram a manutenção industrial a evoluir num curto espaço de tempo, respondendo a desafios que não tinha enfrentado antes, entre os quais estão: custo do capital mais elevado, mercado gerando uma maior pressão, maior produção em menor tempo, e devido a uma grande preocupação relacionada com a segurança e meio ambiente, fatores que criaram e fizeram com que a manutenção industrial adotasse uma outra postura [5].

A Figura 1 evidencia a evolução das expectativas que impulsionaram o desenvolvimento das estratégias de manutenção descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Expectativas e estratégias adotadas pela manutenção. Adaptado de [4, 5].

Gerações da Manutenção	Expectativas e estratégias adotadas pela manutenção
1ª Geração	Período anterior à Segunda Guerra Mundial, onde a indústria operava com pouca mecanização, possuía equipamentos simples, robustos e superdimensionados. Assim sendo, as ações da manutenção priorizavam as reparações após avarias, não havendo preocupações relacionadas com o meio ambiente e segurança.
2ª Geração	Devido ao aumento da procura de produtos após a guerra, surgiu a necessidade de incrementar a mecanização na indústria, assistindo-se também a um aumento da sua complexidade. Desta forma, as avarias nos equipamentos passaram a ter maior impacto, o que resultou em investimentos em manutenção com foco na prevenção dessas mesmas avarias, com intervalos de tempo fixos e atenção voltada às questões ambientais. Essas ações resultaram num aumento nos custos da manutenção, colocando-se maior ênfase no planejamento e controlo da manutenção. Então, devido ao aumento do custo do capital à época, levou à maximização da vida dos ativos.
3ª Geração	Com início em meados dos anos 70, onde se deu grande valor aos períodos de indisponibilidade, visto estes serem responsáveis por grandes perdas nas empresas altamente mecanizadas e de capital intensivo. O aparecimento de metodologias dependentes da fiabilidade dos equipamentos, como por exemplo, o sistema “ <i>just in time</i> ” (JIT), assim como a necessidade de padrões de qualidade mais elevados por parte dos clientes, levaram a um aumento dos gastos com manutenção em termos absolutos. Neste período, houve o aparecimento de tecnologias preditivas, análise de fiabilidade, sistemas de controlo mais sofisticados e também um aumento da preocupação com a segurança e o ambiente. Metodologias de gestão de manutenção mais complexas foram também desenvolvidas, como por exemplo, o RCM (“ <i>Reliability Centered Maintenance</i> ”) e TPM (“ <i>Total Productive Maintenance</i> ”).

2.2 Tipos de manutenção

O papel da manutenção pode ser relevante em diversos fatores, com a responsabilidade de garantir a disponibilidade dos ativos e instalações, influenciando na otimização da fiabilidade, segurança e controlo dos custos. Na literatura, são encontradas três das

principais classificações ou tipos de trabalho para as ações de manutenção, são elas: manutenção preventiva, manutenção corretiva e manutenção preditiva.

Para [6], as ações de manutenção corretiva e as ações de manutenção preventiva, fazem parte de uma organização industrial, onde se pretende obter um modelo adequado, em que o principal objetivo será transitar de uma ação corretiva para preventiva. Os tipos de manutenção são função da política instalada em cada organização.

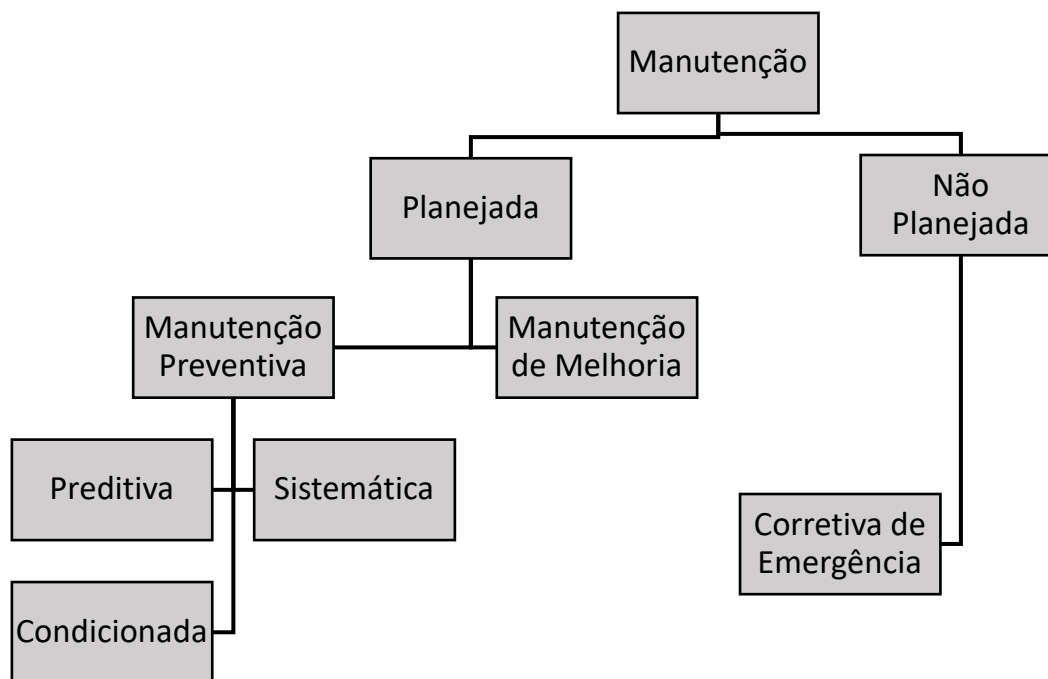


Figura 2- Tipos de Manutenção. Elaborado pelo autor (2020).

2.2.1 Manutenção corretiva planejada

Este tipo de manutenção pode ser considerado como um conjunto de ações executadas a fim de eliminar a falha pela causa raiz, visando evitar comprometer o processo de produção. Esse tipo de ação pode ser executado em caso de intervenção preventiva, e em casos onde são detectadas situações anômalas [7].

Para [1], todas as reparações ou manutenção corretivas devem ser realizadas de maneira bem planejada, a fim de reduzir os custos e interrupção do cronograma de produção. Deve ser permitido o tempo adequado, para que ocorra a reparação completa da causa raiz do problema inicialmente identificado. Um planejamento de manutenção adequado depende das competências de quem planeia e de um banco de dados viável, assim como de uma equipa capaz de concluir os procedimentos de reparação para cada equipamento dentro de uma empresa.

Para [8], a manutenção corretiva planejada é um bom exemplo de engenharia de manutenção, sendo um modelo que tem como objetivo otimizar ou reparar erros na

conceção ou instalação dos equipamentos, acreditando que os investimentos feitos neste tipo de ação podem resultar positivamente em ganhos para a organização.

2.2.2 *Manutenção corretiva não planejada*

A manutenção corretiva corresponde a uma ação imediata a ser tomada quando ocorre uma falha de um equipamento, mas um excesso de manutenção corretivas pode gerar maior degradação do equipamento e a diminuição da sua vida útil, além de impactar negativamente com paragens aleatórias na produção. Por gerar impactos negativos, este tipo de manutenção deve ser evitado com técnicas de gestão de manutenção adequadas [8].

Este modelo de manutenção é de fácil implementação, visto que não é necessária uma estrutura organizada, sendo necessários apenas meios humanos e materiais para a realização dos trabalhos. Quando o custo das ações preventivas é maior que os custos de uma consequente falha, esta ação pode ser considerada como uma boa prática a ser executada [8].

Este tipo de manutenção é necessária em casos de falhas não planejadas, tendo que atuar momentaneamente para solucionar o problema, que pode ser devido a uma avaria, mau funcionamento ou falha funcional do equipamento [6][8].

Para [9], as operações de manutenção corretiva realizadas em situações de emergência são consideradas como inaceitáveis no ambiente produtivo, por poder ter influência na qualidade do produto, na segurança dos trabalhadores e pelo aumento nos custos da manutenção. Este tipo de manutenção apresenta vantagens e desvantagens, que estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens da manutenção corretiva não planejada. Adaptado de [8].

Vantagens	<ul style="list-style-type: none">• Aplicada em equipamentos de menor importância para a produção;• Custos menores de manutenção em equipamentos de menor influência no processo produtivo;• As intervenções são realizadas apenas se necessário;• Modelo de fácil implementação;• Menores custos de gestão e planejamento.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none">• Maior custo com mão de obra;• Maior custo de peças de substituição;• <i>Stock</i> demasiado elevado de material de substituição;• Interferência no fluxo produtivo;• Necessidade de ações imediatas;• Necessidade de disponibilidade de mão de obra imediata;• Aparecimento frequente de situações imprevistas.

O modelo de manutenção corretiva é, quase sempre, o modelo com maiores custos de gestão da manutenção. Os prejuízos relacionados com este tipo de manutenção são: (a) grandes perdas devido à indisponibilidade do equipamento, (b) maior tempo de máquina fora de serviço (causando uma menor disponibilidade de produção), (c) custo elevado de stock de peças sobressalentes, não atendendo aos prazos, além dos (d) altos custos devido aos trabalhos extras [10].

2.2.3 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva visa reduzir ou eliminar as falhas nos equipamentos. Para que isso ocorra, são realizados planos de manutenção com intervalos pré-definidos, seguindo critérios estabelecidos, ou segundo as recomendações do fabricante. De acordo com [8], este modelo de manutenção adequa-se mais a equipamentos que apresentem comportamento regular, e que possibilitem estimar o rigor dos modos de falhas e as respectivas necessidades de manutenção. É um modelo que envolve todas as ações que visam reduzir ou impedir as falhas no sistema. Manutenção preventiva são ações executadas nos equipamentos com o devido planeamento [7].

Assim como qualquer outro tipo de ação, este tipo de manutenção apresenta vantagens e desvantagens, que estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens da manutenção preventiva. Adaptado de [8,11].

Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Maior controlo dos custos de manutenção; • As ações e paragens são programadas de acordo com a disponibilidade da produção; • Aumento da vida útil dos equipamentos; • Melhor controlo das peças de substituição e do <i>stock</i> de peças; • Redução custos com manutenção corretiva; • Redução no número de avarias; • Maior disponibilidade dos equipamentos.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Maior custo com mão de obra, e peças de substituição; • Exige um estudo prévio, e planeamento bem definido; • A periodicidade dos trabalhos pode ser demasiado elevada; • Podem ocorrer conflitos com a produção, devido à necessidade de intervir no equipamento conforme o plano; • Não garante que a Manutenção Corretiva de Emergência (MCE) seja totalmente desnecessária.

Para [12], a manutenção preventiva é um investimento de longo prazo, ou seja, a garantia de um futuro sem longos períodos de *downtime* de equipamentos críticos. De maneira simplificada, a manutenção preventiva, como já diz o próprio nome, busca prevenir a falha e paragens indesejadas na produção devido a falha de equipamentos. Assim sendo, a manutenção preventiva é uma intervenção programada para tentar

intervir antes do provável aparecimento da falha. No entanto, existem ainda diferentes tipos de manutenção preventiva, conforme explicado na Tabela 4.

Tabela 4 - Tipos de manutenção preventiva.

Tipo de Manutenção	Definição
Manutenção Preventiva Sistemática (MPS)	Este modelo de manutenção é executado de maneira periódica, antes que a falha ocorra, sendo aplicada segundo intervalos de tempo pré-estabelecidos, com o objetivo de preservar o equipamento no seu estado normal de funcionamento [3], [13], [14].
Manutenção Preventiva Condicionada (MPC)	Também conhecida por Manutenção Preditiva, esta é a manutenção baseada na condição do ativo, onde, de tempos a tempos, se realiza uma inspeção ao equipamento, a fim de avaliar a condição do mesmo, para planejar a intervenção no momento certo, tendo o custo mais adequado. Este modelo de manutenção pode ser realizado através de inspeções, ensaios, controle estatístico ou análise das últimas falhas. Este tipo de manutenção, quando aplicado nos ativos certos, pode apresentar um impacto positivo na redução dos custos de manutenção dos ativos, e um aumento significativo da sua disponibilidade [3], [13], [14].
Manutenção de Detecção	Modelo de manutenção focada em detectar as falhas ocultas à primeira vista. Estas falhas ocorrem sob condições normais e são imperceptíveis aos olhos de quem é responsável pelo planeamento da manutenção [6]. Para [2], este tipo de manutenção tem como objetivo analisar o estado de funcionalidade dos equipamentos, os quais podem estar sujeitos a falhas ocultas, falhas estas que geralmente ocorrem em dispositivos de proteção aos sistemas em operação, onde este tipo de manutenção visa detetar as falhas ou a sua iminência, através de inspeções periódicas, elaboração de ensaios e testes [2].

2.3 Indicadores em Manutenção

Os indicadores de desempenho da manutenção têm como função medir os resultados das atividades, utilizando meios para manter um ativo, ou restaurar o mesmo até o estado em que o seu desempenho seja o esperado para a função. De acordo com a norma ISO 22400:2014, refletem os motivos do sucesso das organizações. Os mesmos são influenciados por fatores externos e internos, tais como: localização; cultura; tamanho; taxa de utilização e idade, e são atingidos com a implementação de manutenções corretivas, preventivas e melhorias; levantamento de informação;

materiais; metodologias organizacionais; ferramentas e técnicas operacionais. Deste modo, deve ter a capacidade de apresentar hipóteses de melhoria e possibilitar a análise, para detecção do possível problema causador da ineficiência, e auxiliar na solução do mesmo [15].

A medição do desempenho é fundamental no processo de evolução de uma organização. Os indicadores de desempenho (KPIs - *Key Performance Indicators*) são ferramentas de gestão capazes de efetuar a medição e avaliar o consequente nível de desempenho [3].

Os KPIs possibilitam que os gestores passem aos seus colaboradores as informações relacionadas com a eficiência do processo, reconhecendo as fontes de ineficiência e hipóteses de melhoria, assim como a qualidade do seu desempenho ao longo de um intervalo de tempo [3], [16].

A análise e gestão feita através destes indicadores permite, por si só, estruturar um método de gestão e melhoria que pode permitir a realização de atividades de “*Benchmarking*”, as quais visam comparar com os melhores padrões na indústria. Assim sendo, os gestores e equipa estão preparados para estipular metas a atingir e traçar planos de ação com objetivos bem delineados [16], [17].

2.3.1 Tipos de Indicadores

Dada a larga aplicação dos indicadores de desempenho dentro das organizações, estes são ferramentas aplicadas a vários departamentos. Assim sendo, são subdivididos em [4], [11]:

- Indicadores operacionais;
- Indicadores financeiros;
- Indicadores de saúde, segurança de pessoas e segurança ambiental;
- Outros.

Dentro de cada um desses departamentos, os indicadores podem ser subdivididos em áreas, assim como na manutenção: planeamento, económica, estratégia, execução, etc.

Na existência de vários indicadores, voltados para manutenção, torna-se necessário destacar o indicador operacional OEE e, em específico nesta área, o MTBF, o MTTR e a disponibilidade [13][16].

Na Tabela 5, estão apresentadas breves definições e equações dos principais KPI's utilizados ao longo deste projeto [8].

Tabela 5 - Indicadores de Desempenho da Manutenção (KPI'S). Adaptado de [8].

Indicador	Descrição	Equação
Tempo médio entre falhas (MTBF)	Tempo médio decorrido entre duas falhas consecutivas	$MTBF = \frac{\text{Tempo total de operação}}{\text{Número total de avarias}}$
Tempo médio de reparação (MTTR)	Tempo médio necessário para a reparação	$MTTR = \frac{\text{Tempo total de reparações}}{\text{Número total de reparações}}$
Tempo médio de espera (MWT)	Tempo médio de espera desde o momento da avaria, até que seja iniciada a intervenção	$MWT = \frac{\text{Tempo total de espera}}{\text{Número total de avarias}}$
Tempo médio de imobilização (MDT)	Tempo médio de imobilização de um equipamento	$MDT = MTTR + MWT$

2.3.2 MTBF – Tempo Médio Entre Falhas

Tempo médio entre falhas (MTBF) é um indicador que fornece uma estimativa estatística do tempo em que um componente, sub-montagem, ou a unidade operacional funcionará até o momento em que a falha ocorre [1].

Quanto maior o MTBF, maior será a disponibilidade no total de horas para a operação, ou seja, melhor será a fiabilidade do sistema. Comparando com esse mesmo esquema, considerando uma amostragem com maior número de falhas, um valor maior de MTBF, reduziria o número de intervenções/reparações realizadas [9]. O MTBF pode ser descrito pela equação (1), em unidades de tempo (u.t.) [7], [18]:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total de operação}}{\text{Número total de avarias}} \quad (1)$$

A Figura 3 contém a representação esquemática dos parâmetros MTBF, MTTR, TU (tempo útil) e TF (tempo de paragem por falha).

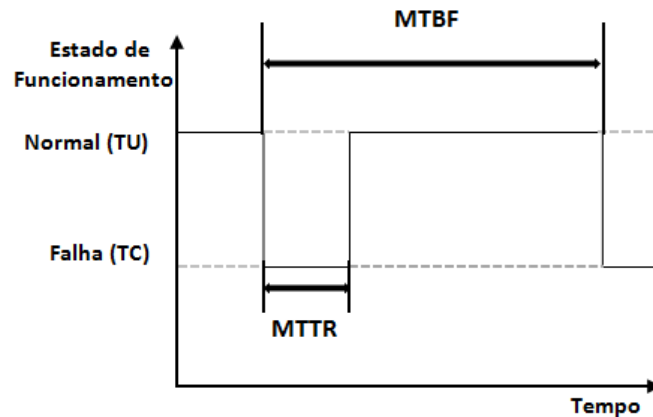


Figura 3 - Representação esquemática dos parâmetros MTBF, MTTR, TU (tempo útil) e TF (Tempo de paragem por falha). Adaptado de [3, 7].

2.3.3 MTTR – Tempo Médio para Reparação

O MTTR, *Mean Time To Repair* na literatura inglesa, descreve o período de tempo médio necessário para reparação de uma falha, sendo este um indicador da eficácia dos equipamentos. O tempo gasto para reparação do equipamento corresponde ao tempo gasto para inspeção, diagnóstico, acesso, substituição ou reparação, montagem e controlo [3], [19].

É possível analisar na Figura 3 a representação esquemática deste parâmetro, onde os equipamentos com MTTR elevados, apresentam elevado tempo de reparação, tendo um impacto negativo na disponibilidade [3], [17].

Na equação (2), está representado como se deve calcular este indicador, onde o resultado é dado em unidades de tempo:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo de reparação}}{\text{Número total de reparação nesse período}} \quad (2)$$

2.3.4 Disponibilidade

Este é o indicador que representa o tempo no qual o ativo está disponível para operar normalmente nas suas funções específicas. Um dos principais objetivos de qualquer modelo ou estratégia de manutenção é obter um incremento da disponibilidade [3]. O cálculo da disponibilidade pode ser efetuado conforme mostrado na equação (3), onde o (TU) representa o tempo útil de funcionamento e (TF) representa o tempo de paragem por falha. Este indicador também pode ser obtido através dos indicadores de desempenho, MTBF e MTTR, como apresentado na equação (4) [3].

$$\text{Disponibilidade} = \frac{TU}{TU + TF} \times 100\% \quad (3)$$

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\% \quad (4)$$

Assim sendo, o cálculo da indisponibilidade é o inverso da disponibilidade, podendo ser obtido pela expressão (5) [3].

$$Indisponibilidade = (1 - D) = 1 - \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\% \quad (5)$$

2.3.5 OEE – Índice de Eficiência Global do Equipamento

Este é um indicador de natureza operacional, o qual vem sendo utilizado em diversas áreas dentro de uma organização. Tal como na manutenção, este é uma métrica quantitativa fundamental capaz de medir a eficiência global de um sistema produtivo, fornecendo uma visão global do equipamento [3], [17], podendo também servir como ferramenta para medir os impactos de melhorias ou modificações feitas nos equipamentos [20]. O desenvolvimento deste indicador foi realizado no âmbito da metodologia TPM, sendo muito utilizado de forma generalizada nas organizações. Este indicador consiste na junção de três índices presentes na Tabela 6.

Tabela 6 - Índices que compõem o indicador OEE. Adaptado de [3], [17], [20].

Índice de Disponibilidade	• Indicador do tempo efetivo de produção em relação ao tempo teórico de disponibilidade.
Índice de Eficiência de Produção	• Indicador da eficiência do processo de fabricação.
Índice de qualidade	• Indicador da quantidade de produtos aprovados em relação à quantidade produzida total.

Juntamente com estes índices, podemos identificar as suas respectivas perdas associadas, como indicado na Figura 4.

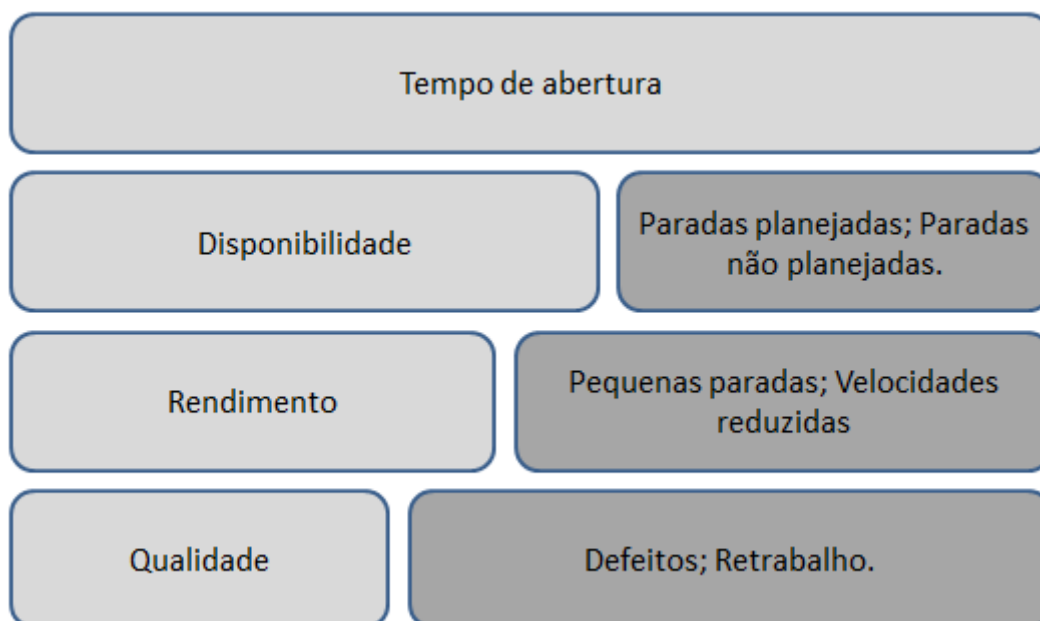


Figura 4 - Índices de OEE e suas respectivas perdas. Adaptado de [18], [21].

A Tabela 7 apresenta de modo intuitivo o método para calcular cada um dos índices e o indicador final, assim como as melhores práticas na indústria, segundo a metodologia WCM (*World Class Manufacturing*).

Tabela 7 - Cálculo dos índices que compõem o OEE: disponibilidade, eficiência de produção e qualidade. Adaptado de [3], [17], [18].

Índice	Fórmulas de cálculo	Melhor Prática na Indústria (WCM)
Disponibilidade (D)	$D = \frac{\text{Tempo de operação real}}{\text{Tempo de operação teórico}}$	90%
Eficiência de Produção (EP)	$EP = \frac{\text{Tempo de ciclo nominal}}{\text{Tempo de ciclo real}}$ $= \frac{\text{Capacidade produtiva real}}{\text{Capacidade produtiva nominal}}$	95%
Qualidade (Q)	$Q = \frac{\text{Total de peças conforme}}{\text{Total de peças produzidas}}$	99%
OEE	$OEE = D \times EP \times Q$	85%

2.4 Gestão da manutenção

As organizações têm como principal objetivo o aumento da rentabilidade dos seus processos, ou seja, aumentar a lucratividade. Uma boa gestão da manutenção pode impulsionar a utilização dos recursos e processos produtivos, reduzindo custos de funcionamento e aumentando a capacidade de produção [4], [22].

Uma gestão da manutenção eficiente envolve uma alocação correta dos recursos disponíveis, tais como os recursos humanos, material de substituição e ferramentas, sabendo gerir de forma a garantir maior fiabilidade e disponibilidade dos ativos. A estratégia bem elaborada visa garantir técnicos bem capacitados para tal função, uma correta preparação do trabalho e gestão da informação, ferramentas necessárias para a execução das atividades, materiais de reposição e cumprir o planeamento. O planeamento de manutenção envolve atividades tais como inspeções, substituições e reparações [4], [22].

A fiabilidade dos processos tornou-se um problema grave nas organizações de capital intensivo. Para que a manutenção possa obter sucesso na sua missão, é necessário reduzir custos e aumentar o tempo operacional dos equipamentos. Assim, a gestão da manutenção deve passar de uma organização reativa para uma proativa [24], [25].

A gestão da manutenção industrial pode ser caracterizada como um conjunto de ações estrategicamente desenvolvidas e integradas, servindo para conduzir as atividades de manutenção, desenvolvendo boas condições na prestação de serviços com os recursos disponíveis, visando intervir na causa dos problemas antes que ocorram falhas [25], [26].

Segundo [27], o início do processo de gestão da manutenção industrial é realizado pela definição da estratégia a ser adotada. Adotar uma boa estratégia é fundamental para o sucesso da gestão. Assim, os fatores seguintes devem ser considerados: metas, prioridades e objetivos da empresa, tipo dos equipamentos e condições de funcionamento das instalações, necessidades da produção, recomendações do fabricante, saúde e segurança do trabalho, meio ambiente e custos envolvidos [28].

Na fase de planeamento, é definido um plano de manutenção genérico, baseado nos *inputs* recebidos e considerando as prioridades organizacionais. As diferentes etapas deste processo encontram-se listadas seguidamente:

- Primeira fase - É definido o plano estratégico para alcançar os objetivos;
- Segunda fase – Etapa de programação, responsável por desenvolver um apoio às decisões anteriormente definidas no planeamento, sendo elas: preparação dos recursos a serem utilizados, programação e organização das tarefas a serem realizadas;

- Terceira fase – Etapa da execução, após a execução da programação e garantia que as tarefas estão a ser bem executadas, no momento certo e dentro dos procedimentos corretos;
- Quarta fase – Controlo, etapa que finaliza o ciclo da gestão da manutenção, organizando as informações, gerindo os resultados e, através do *feedback* dado para o planeamento, que possibilita identificar os pontos de melhoria a aplicar nos métodos implementados.

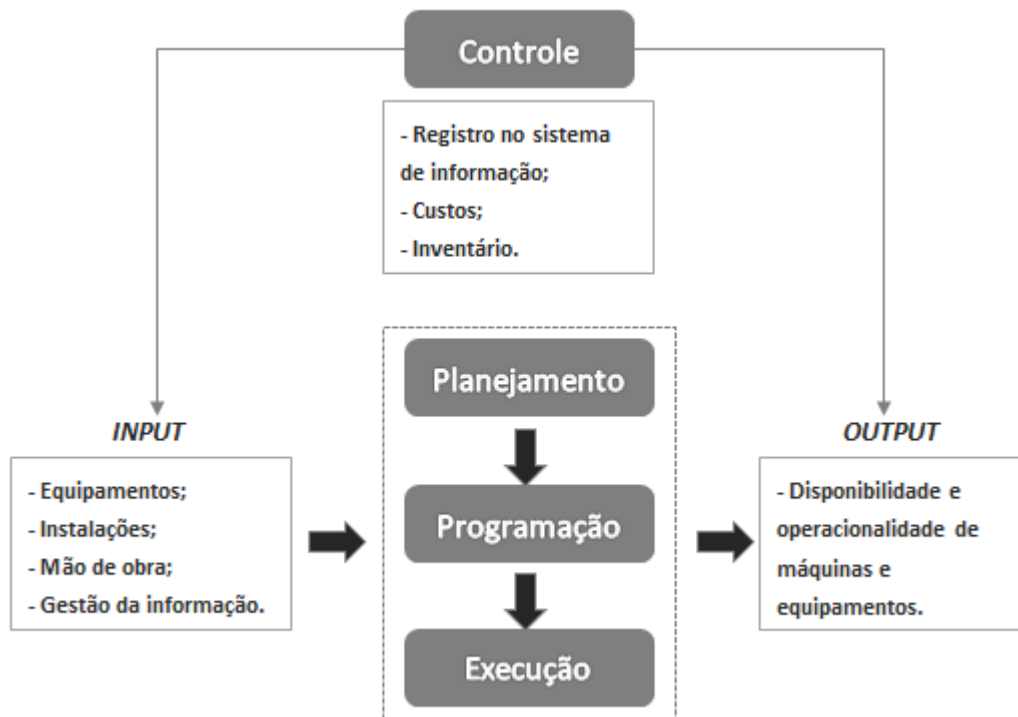


Figura 5 - Modelo de gestão da manutenção. Elaborado pelo autor (2020).

Não existe um método universal para elaborar um sistema de gestão da manutenção, mas o objetivo desta deve estar alinhado com os objetivos da organização [27].

Entre as várias estratégias de manutenção existentes, algumas assumem maior destaque, nomeadamente:

- TPM (*Total Productive Maintenance*);
- CBM (*Condition Based Maintenance*);
- RCM (*Reliability Centred Maintenance*);
- TQM (*Total Quality Maintenance*).

Todas estas estratégias são modelos que tem por característica uma gestão proativa da manutenção, com foco em diversos aspectos, tais como obter máxima produtividade, melhor condição dos equipamentos, fiabilidade do processo e a máxima qualidade, respectivamente [29].

2.4.1 TPM – Total Productive Maintenance

TPM, ou *Total Productive Maintenance*, como é descrito na literatura inglesa, é um conceito que reúne metodologias e filosofias de manutenção preventiva vinda da indústria americana, junto com conceitos de TQM, ou *Total Quality Management*, provenientes da indústria Japonesa. Estes conceitos levaram ao surgimento de uma mentalidade de maior pró-atividade e comprometimento por parte de todos os colaboradores de uma organização [30].

Segundo [31][32], o TPM é a filosofia de gestão na qual todos têm responsabilidades sobre a manutenção e utilização do equipamento e onde os colaboradores são estimulados a participarem ativamente na preservação das condições normais dos equipamentos, a fim de manter o fluxo contínuo da produção.

Para [33], fundador do TPM, diz que o método é da responsabilidade de todos os colaboradores em pequenas atividades de grupo. Segundo os princípios da filosofia TPM, não é de responsabilidade somente da manutenção a otimização dos equipamentos, mas sim de todos os colaboradores.

De acordo com [30], relativamente à aplicação desta metodologia TPM, existem cinco pilares fundamentais. A Figura 6 apresenta esses pilares.

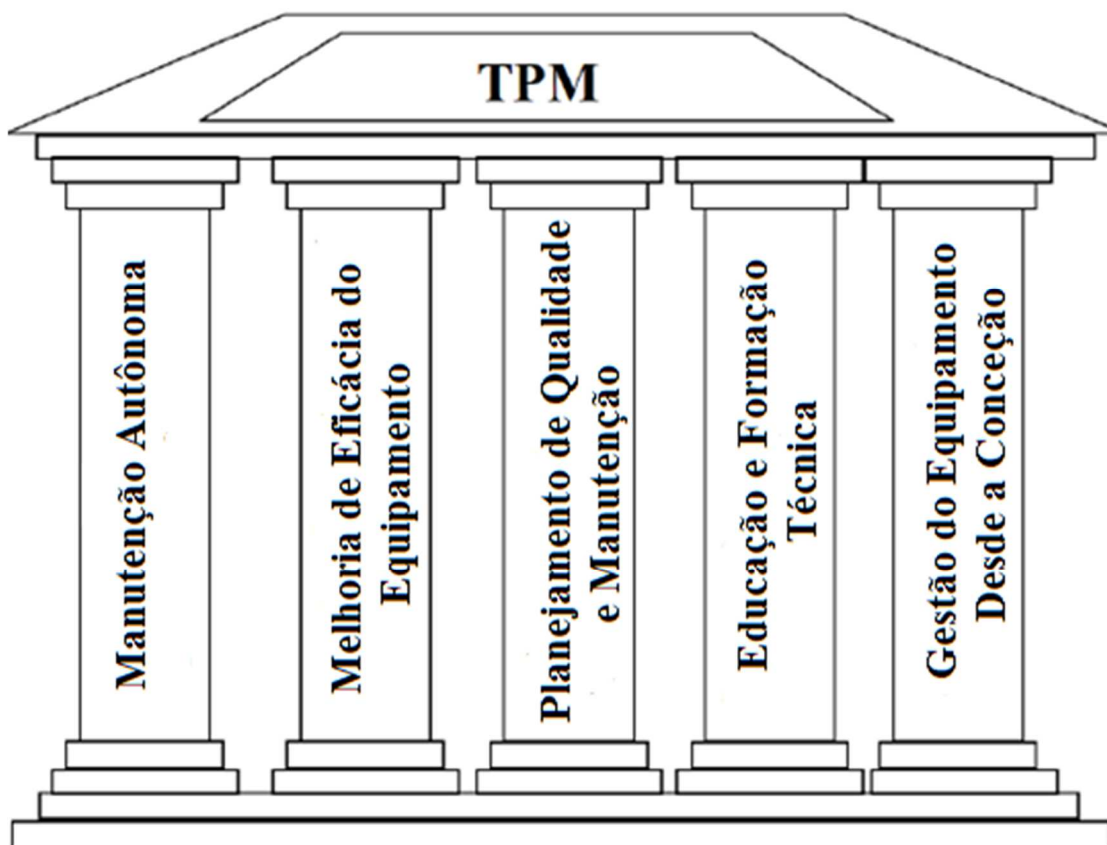


Figura 6 - Os cinco pilares de TPM [30].

A descrição de cada um dos pilares apresentados na Figura 6, é a seguinte [30]:

- Manutenção autónoma: É permitir que os colaboradores que operam os equipamentos tenham responsabilidades relacionadas com algumas pequenas ações de manutenção nos mesmos;
- Melhoria de eficácia do equipamento: Trata-se de envolver todos os colaboradores na detecção e análise de perdas que venham a ocorrer nos equipamentos;
- Planeamento de qualidade e manutenção: Estabelece o planeamento e os requisitos internos para procedimentos de manutenção preventiva, individualizado para cada equipamento e/ou componente do mesmo;
- Formação em técnicas relevantes de manutenção para todo o *staff*: Capacitar todo o *staff* de manutenção e de produção, para que os mesmos possam adquirir competências para realizar grande parte das operações necessárias;
- Gestão de equipamento, desde a concessão: Visando ter a TPM como objetivo, e conseguir chegar ao ponto de prevenir ações de manutenção, a gestão condiciona todas as fases de vida do equipamento de forma a que sejam acompanhadas, inventariando todos os potenciais problemas de manutenção que possam surgir, podendo assim evitá-los o mais cedo possível.

2.4.2 Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM)

A Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM – *Reliability Centered Maintenance*) é uma estratégia adotada com foco em diminuir os custos, aumentar a fiabilidade dos ativos e permitir que as organizações conheçam o nível de risco das avarias enfrentadas [2]. O RCM visa estabelecer a otimização na manutenção, através do estudo das consequências das falhas e atividades proativas, nas quais estão inseridas atividades de manutenção preditiva. Também possibilita a identificação de falhas ocultas que são responsáveis pela redução da fiabilidade do sistema [33]. Refere-se a um processo bem estruturado e pensado, para criar um plano de manutenção eficiente e assertivo, de forma a diminuir a ocorrência das falhas, levando sempre em conta as causas ambientais, de segurança, operacionais e de relação custo-benefício [34].

Para [2], o modelo RCM baseia-se em sete questões sobre os equipamentos em análise:

- Função do equipamento está bem definida, tem conhecimento do seu desempenho padrão?
- Em que situação pode deixar de cumprir com a sua função?
- Quais os motivos que podem causar cada falha?
- Quando a falha acontece, o que ocorre?

- Qual o nível de importância de cada falha?
- Que atitudes podem ser tomadas para prever ou prevenir cada falha?
- Que procedimento adotar no caso de não encontrar uma solução adequada?

A análise realizada através do método FMEA, é uma das ferramentas utilizadas na RCM, podendo ser definida como um método para análise sistemática de potenciais modos de falhas, com o objetivo de prevenir as mesmas. Este tipo de análise apresenta os seguintes benefícios [17]:

- Aumento da satisfação por parte do cliente, devido à promoção de segurança e fiabilidade;
- Promove melhoria da eficiência no desenvolvimento dos produtos ou nos tempos de processo, custos, fiabilidade e produção;
- Prioridades bem definidas, documentação, comunicação de potenciais riscos;
- Diminuição na ocorrência de falhas graves;
- Melhor desempenho do trabalho na equipa de manutenção, ao sugerir ações de manutenção preventiva para evitar potenciais falhas.

2.4.3 Hierarquia de ativos e sua identificação

Para aplicar a RCM, a organização deve possuir conhecimento e registo de todos os seus ativos e a sua localização. É necessária uma hierarquia bem definida, com um completo registo de falhas, a fim de identificar mais facilmente quais são esses ativos.

O grau de criticidade de um ativo varia consoante a importância que o ativo desempenha no processo produtivo dentro de uma organização, levando em conta o desempenho do equipamento (disponibilidade e fiabilidade), custos, segurança a condições ambientais [35], [36].

A classificação dos ativos é importante em diversos aspectos. Através da RCM é possível obter maior controlo sobre as atividades realizadas no mesmo, nomeadamente:

- Ações de manutenção executadas de maneira programada e sistémica;
- Controlo de *stock* e peças de reposição;
- Controlo de tempos.

Para realizar as análises da criticidade, existem diversas técnicas, podendo ser qualitativas ou quantitativas, Tabela 8.

Tabela 8 - Tipos de Técnicas de análise de criticidade de ativos. Adaptado de [30].

Técnica	Descrição	Método	Aplicação
Qualitativa	Tem como base a experiência e opinião dos colaboradores envolvidos no processo.	<ul style="list-style-type: none"> • Votação; • Inquéritos; • Questionários. 	Aplicável em caso de um ativo não quantificável, ou que não apresente os dados históricos, ou que não são de confiança.
Quantitativa	Tem como base o banco de dados com o histórico dos ativos.	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de dados • Histórico com informação dos ativos. 	Quando o ativo apresenta um banco de dados completo e confiável, com informações e histórico.

Segundo [1], devem existir procedimentos para identificar a ordem em que as tarefas devem ser executadas, não podendo tudo ser feito primeiro, ou apenas de quem chega primeiro, recebe primeiro. O método aprimorado é por urgência, de acordo com a necessidade prioritária e criticidade do equipamento na classificação do cliente. A sigla NUCREC (*Need Urgency Customer Rank Equipment Criticality*), aprimora a Importância Relativa das Despesas de Manutenção (RIME) de várias formas.

As Tabela 9 e Tabela 10 apresentam as classificações e os fatores considerados no RIME, segundo o método NUCREC.

Tabela 9 - Fatores importantes para aplicação do método RIME. Adaptado de [1].

Tipo	Descrição
Fatores considerados	<ul style="list-style-type: none"> • A classificação do cliente é adicionada; • O ativo mais importante recebe classificação número um; • O número de classificações na escala varia de acordo com cada organização; • O equipamento ser mais ou menos essencial pode ser considerado.

Tabela 10 - Classificação das despesas de manutenção segundo o método RIME. Adaptado de [1].

Tipo	Descrição
Necessidades de urgência	1 – Emergência; risco de segurança com possíveis danos adicionais se não for reparado imediatamente; trabalhos anteriores realizados de forma insatisfatória; 2 – Tempo de inatividade; instalação ou equipamento não gera receita; 3 – Manutenção periódica e preventiva; 4 – Como favorável ou oportuno.
Criticidade dos equipamentos	1 – Utilitários e sistemas de segurança com grande impacto na área; 2 – Equipamento ou instalação chave, sem <i>backup</i> ; 3 – Grande impacto na produtividade; 4 – Baixo uso ou pouco efeito na saída.
Classificação dos clientes	1 – Efeitos impactantes na gestão; 2 – Linhas de produção com impacto direto na receita; 3 – Instalações com gestão, desenvolvimento e pesquisa medianos, clientes rotineiros; 4 – Todos os outros.

O resultado das classificações define a prioridade total, podendo variar de 1 que é (1 x 1 x 1) a 64 (4 x 4 x 4). O trabalho que tiver como resultado um valor mais baixo, terá a primeira prioridade. Quando mais de uma solicitação de trabalho tiver o mesmo grau de prioridade, mão de obra e disponibilidade de materiais, os locais e ajuste da programação podem influenciar no desempate [1].

2.5 Lean aplicado à manutenção

Lean Centred Maintenance (LCM) refere-se ao pensamento *Lean* aplicado à área da manutenção. A LCM é considerada como sendo uma operação proativa que inclui atividades de manutenção planejadas através de práticas TPM, com auxílio das estratégias de Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM), e contando com o apoio de equipas autónomas, através do uso assertivo de sistemas informáticos de apoio à manutenção [8].

A prática da manutenção *Lean* é um pré-requisito fundamental para o sucesso de uma organização que adota o conceito *Lean*, podendo ser descrita como uma atividade de manutenção proativa que utiliza o planeamento e programação das atividades de manutenção, executadas por equipas com profissionais qualificados capazes de promover a manutenção autónoma, formação e desenvolvimento de competências e em melhoria contínua [7].

Segundo [8], reparar não significa realizar manutenção. A LCM é sustentada por um sistema de materiais e peças de reposição que asseguram o fornecimento *Just In Time* (JIT), com auxílio de uma equipa de engenharia de fiabilidade responsável pela análise de causas e efeitos (*Root Cause Failure Analysis* - RCFA), e análises de manutenção preditiva condicionada.

Para [34], a filosofia *Lean* aplicada à manutenção, está relacionada com o aperfeiçoamento da natureza de valor agregado aos esforços de manutenção e confiabilidade. Em manutenção, os clientes têm uma ligação direta com a organização, sendo o departamento de operações/produção. Uma das principais responsabilidades da manutenção é garantir capacidade produtiva da empresa aos seus clientes. Não é possível obter sucesso na fabricação enxuta sem ter ativos confiáveis. Os clientes esperam que o programa de manutenção seja otimizado, de modo a suprir a necessidade de produção com a capacidade projetada ou necessária de modo confiável.

A maioria das atividades relacionadas com a manutenção gira em torno de processos que movem pessoas e equipamentos, juntos, como por exemplo, ações de manutenção preventiva, preditiva, planeamento e programação, sistemas informatizados de gestão da manutenção e sistema de armazenamento de ordens de trabalho. Os princípios *Lean* precisam ser aplicados a esses programas de manutenção, a fim de eliminar as atividades que não geram valor agregado [34].

A Figura 7 apresenta os princípios predominantes, segundo a filosofia *Lean*.

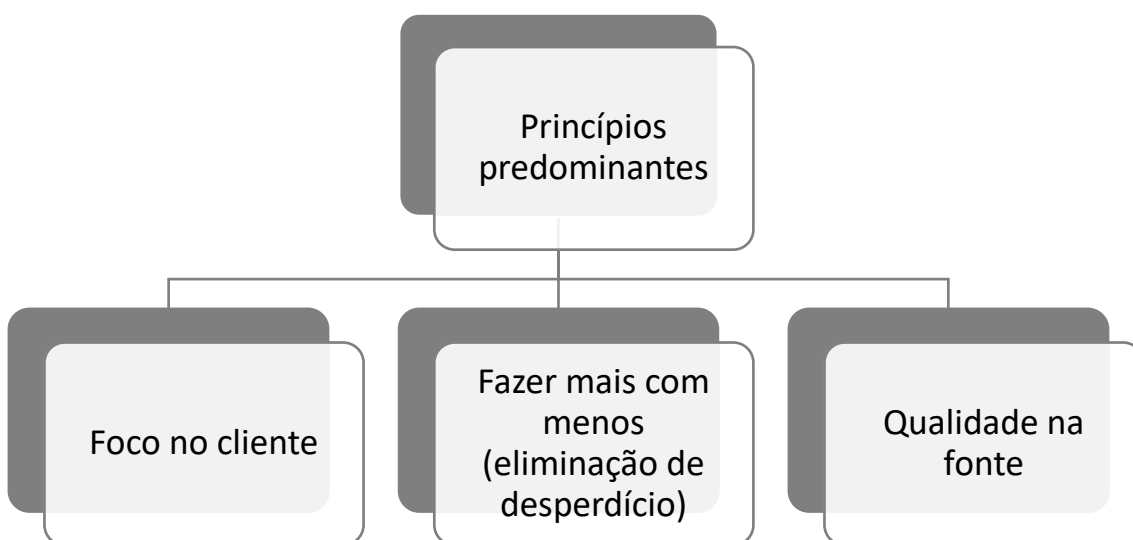


Figura 7 - Princípios predominantes Lean. Adaptado de [34].

A Tabela 11, apresenta os princípios de implementação segundo a filosofia *Lean*.

Tabela 11 - Princípios de implementação Lean. Adaptado de [37].

Princípios de implementação	Descrição
Especificação de valor	Produção focada na satisfação do cliente, de modo a acrescentar valor ao produto, para que o mesmo seja entregue na forma, qualidade, quantidade e preço pretendido pelo cliente.
Mapa (fluxo de processo/valor)	Todas as atividades do processo produtivo devem estar identificadas. Os departamentos devem trabalhar de modo a favorecer a cooperação entre eles, o que fortalecerá a comunicação para a identificação e eliminação de processos que não acrescentam algum valor para a cadeia produtiva.
Aplicar (fluxo de processo)	O encadeamento de processos deve ser feito de forma dinâmica, não comprometendo o fluxo de materiais, pessoas e informação. Deste modo, resultará num fluxo de grande eficiência.
Produção puxada (<i>pull</i>)	Numa produção que tenha como base o <i>Lean Manufacturing</i> , o processo de produção dá-se através de uma encomenda do cliente final ou um pedido do processo seguinte.
Melhoria contínua (otimização)	O objetivo deste conceito é acrescentar valor em toda a cadeia produtiva, desde produtos, processos e organizações. O compromisso com a perfeição deverá estar na mente de toda a organização.

2.5.1 Desperdícios Lean

O pensamento *Lean*, segundo o especialista da qualidade japonês, Shigeo Shingo [36], diz que é necessário estabelecer distinções entre as atividades de valor e atividades sem valor agregado. “O trabalho que não agrega valor é um desperdício que deve ser removido”. Nesta perspectiva, o engenheiro Taiichi Ohno, conhecido como pai da TPS (*Toyota Production System*), definiu três grandes tipos de desperdícios, nomeadamente: Muri (Sobrecarga); Mura (Desigualdade) e Muda (Desperdícios, trabalho sem valor agregado) [7], [39].

Muri: é o trabalho irracional a que uma organização submete os trabalhadores e máquinas devido a um *design* organizacional inadequado, como pesos pesados, movimentação desnecessária, atividades de risco e até trabalho realizado em menor tempo que o de costume. Submeter uma pessoa ou uma máquina a trabalho para além dos seus limites naturais, pode estar exigindo um maior nível de desempenho de um processo do que aquele que ele pode gerar.

Mura: é um termo tradicional japonês para desigualdade, inconsistência em matéria física ou condição espiritual humana. Mura é evitado através do JIT (*Just in Time*) que são sistemas baseados em pouco ou nenhum *stock*, fornecendo ao processo de produção a peça certa, no momento certo, na quantidade certa, e fluxo FIFO (*First In*,

First Out). O JIT cria uma “atração sistemática” na qual cada subprocesso retira as suas necessidades dos subprocessos precedentes e, por fim, de um fornecedor externo. Se um processo precedente não recebe uma solicitação ou retirada, não são feitas mais peças. Este modelo de sistema foi desenvolvido para maximizar a produtividade, minimizando a sobrecarga de armazenamento.

Muda: é um termo tradicional japonês para as atividades que são um desperdício e não agregam valor, ou são improdutivas.

Segundo [38], todas as atividades que não usufruem adequadamente dos recursos para a valorização do produto que será entregue ao cliente, são consideradas desperdícios. Existem vários tipos de desperdícios num sistema organizacional, os quais não acrescentam valor ao produto, mas podem influenciar o preço para o consumidor final [39]. A busca interminável da eliminação de desperdícios é a essência da manutenção enxuta. O processo de eliminar estes desperdícios deve compreender os sete pontos identificados por Ohno, que estão listados na Tabela 12 [37].

Tabela 12 - Sete pontos para eliminação do desperdício. Adaptado de [7].

Pontos	Descrição
1 - Transporte	Ter à disposição todo o material e ferramenta necessária para a execução da atividade, evitando viagens extras e desnecessárias para buscar materiais.
2 - Inventário	Eliminar ou reduzir o <i>stock</i> em excesso no sistema, manter em <i>stock</i> apenas materiais, peças e ferramentas necessários.
3 - Movimentação	Reduzir o movimento das pessoas, melhorando o seu planejamento.
4 - Tempos de espera	Reduzir o tempo de espera pelo próximo passo, outro especialista pessoa ou parte, através de planejamento e programação ajustados.
5 - Superprodução	Elaborar planos de manutenção otimizados, com base em FMEA/RCM. Executar análise das causas raiz, a fim de reduzir falhas inesperadas.
6 - Processos inadequados	Utilizar ferramentas e acessórios para melhorar os processos de manutenção.
7 - Defeitos	Eliminar o retrabalho e a mão de obra desnecessária. Oferecer formação e capacitar os técnicos de manutenção.

Grande parte das organizações, mesmo sem aderir o modelo de manutenção *lean*, este pode estar presente por meio de outras atividades, por exemplo, o TPM e o *lean* dividem muitas características: Padronização; 5S e à prova de erros, são apenas alguns outros exemplos. O TPM diz que o operador é tão responsável pela confiabilidade dos ativos quanto a pessoa de manutenção. O TPM tem como principais objetivos a eliminação das

seis maiores perdas: desagregação, instalação e ajustes, ritmo lento e paragens menores, operando em velocidades reduzidas, defeitos e rendimento reduzido [7].

2.5.2 Ferramentas Lean

A filosofia *Lean* tem como principal objetivo a eliminação dos desperdícios, seja ela total ou parcial, visando reduzir os custos e aumentar a produtividade do sistema [34].

2.5.3 Kaizen

Kaizen é uma palavra de origem japonesa que tem como significado melhoria contínua, onde, *Kai* significa mudança e *Zen* significa bom. É uma coleção de pequenas melhorias, que juntas tem a capacidade de produzir resultados surpreendentes, quando executada continuamente. A filosofia de melhoria contínua tem como objetivo conscientizar todos os funcionários de uma organização sobre a importância dos conceitos de melhoria. Desta forma, é possível garantir a redução dos desperdícios, a padronização dos métodos de trabalho e possibilita manter um clima organizacional limpo. *Kaizen* deve-se tornar uma filosofia de vida, seja ela pessoal ou profissional [34]. As Tabela 13 e Tabela 14 apresentam respectivamente as seis perdas e os objetivos da filosofia *Kaizen*.

Tabela 13 - As seis grandes perdas a serem focadas na filosofia *Kaizen*. Adaptado de [7].

Tipos de perdas	Descrição
Perdas por desagregação	São as perdas envolvendo equipamentos que sofreram falhas, avarias e reparações. Os custos envolvidos podem incluir tempo de inatividade e oportunidade perdida de produção, mão de obra e custos de material.
Perdas de instalação e ajuste	São perdas resultantes de configurações de equipamentos e ajustes que ocorrem durante as trocas de produtos, mudanças ou outras alterações nas condições operacionais.
Inatividade e pequenas perdas de paragem	Estas perdas são provenientes de pequenas, mas frequentes paragens de produção (menos de 5 a 6 minutos), sendo estas difíceis de gravar. Como consequência, essas perdas geralmente são ocultadas nos relatórios de produção.
Perdas de velocidade	Casos onde o equipamento deve ser desacelerado, para prevenir defeitos de qualidade ou pequenas paragens, resultando em perdas de produção. Na maioria dos casos, não é possível registar essa perda, pois o equipamento continua a operar.
Perdas defeituosas do produto (qualidade) e retrabalho	São as perdas resultantes da produção fora das especificações, defeitos provenientes de um mau funcionamento do equipamento ou mau desempenho, levando a produto que deve ser retrabalhado ou descartado como lixo.
Perdas no projeto do equipamento	Estas perdas estão ligadas a desgaste pesado e desgaste dos equipamentos devido à construção “não robusta”, o que reduz a vida útil e capacidade produtiva do mesmo.

Tabela 14 - Objetivos da filosofia Kaizen. Adaptado de [7].

Objetivos	Descrição
Perdas zero	Identificar e eliminar as perdas.
Remover condições inseguras	Garantir boas condições de saúde e segurança do trabalho.
Melhorar a eficácia de todos os equipamentos	Garantir boas condições operacionais dos equipamentos.
Redução de custos operacionais e de manutenção	Reduzir os custos através de uma boa gestão de manutenção e produção.

A economia global vive em constante mudança, aumentando cada vez mais as expectativas e concorrência de mercado. A melhor maneira da empresa se manter estável há longo do tempo, é recorrer a uma boa implementação dessa prática, onde o conceito *Kaizen* deverá acontecer de forma gradual e continua [40].

2.5.4 5S

A ferramenta de gestão 5S assume-se como base fundamental na prática *Lean*, que busca eliminar os desperdícios, e consiste em cinco passos básicos para as boas práticas no ambiente de trabalho [28].

5S é uma ferramenta utilizada para reduzir os desperdícios e otimizar a produtividade, conservando um local de trabalho organizado e utilizando dicas visuais para obter resultados operacionais mais consistentes. Além disso, os 5S favorecem um ambiente mais limpo, onde a moral dos funcionários é aumentada devido a um sentimento de orgulho no seu trabalho e propriedade responsável dos seus equipamentos e ferramentas de trabalho. A ferramenta consiste em obter limpeza total em toda a organização e padronização do local de trabalho, já que um local de trabalho organizado favorece a execução das operações com maior segurança, eficiência e maior produtividade [30], [41].

A aplicação dos 5S, não só elimina diversos desperdícios, como apresenta diversas vantagens, nomeadamente: aumento da eficiência da empresa; melhora o ambiente de trabalho; garante maior segurança; reduz custos; otimiza o tempo dos recursos e melhora a fiabilidade dos equipamentos [28].

A criação dos conceitos por [30], é conhecida como 5S. Esta é uma abreviatura correspondente a cinco palavras japonesas, cuja descrição está na Tabela 15.

Tabela 15 - Conceitos 5S. Adaptado de [28], [41].

Termo	Tradução	Descrição
<i>Seiri</i>	Selecionar	No posto de trabalho, somente o material necessário deve estar acessível.
<i>Seiton</i>	Organizar	Todo o material de trabalho deve estar organizado e com local de origem definido, para que possa ser colocado no local definido após a sua utilização.
<i>Seiso</i>	Limpar	Posto de trabalho e ferramentas limpos regularmente, repondo as condições originais de funcionamento.
<i>Seiketsu</i>	Normalizar	Tornar os passos anteriores normalizados e considerá-los como parte do procedimento. Documentar e uniformizar o método de arrumação. Estes documentos devem conter a informação de forma clara e intuitiva.
<i>Shitsuke</i>	Autodisciplina	Manter a aplicação dos métodos anteriores de maneira disciplinada, e através de auditorias 5S ao espaço.

2.5.5 SMED – (Single Minute Exchange of Die)

A ferramenta SMED (*Single Minute Exchange of Die*), que traduzida para o português significa “troca rápida de ferramenta”, é considerada uma das técnicas de maior relevância para obter resultados esperados na produção magra. Segundo [39], a troca rápida de ferramentas é o primeiro passo para a inovação da produção, envolvendo alterações nos processos habitualmente utilizados pelas empresas.

O SMED consiste num conjunto de procedimentos e métodos para a realização de um *setup* de forma rápida e eficiente num equipamento. Segundo [42], *setup* é um grupo de ações necessárias desde o momento em que se esgota a última peça, do lote anterior, até ao momento em que é produzida a primeira peça do próximo lote.

Segundo [44], a metodologia SMED tem apresentado resultados consistentes e positivos desde sua criação. Através de um caso em particular, onde estudou a conversão de configurações internas em configurações externas, não apresentou grande impacto. No entanto, a partir das análises realizadas resultou em mudanças no equipamento que apresentaram um impacto relevante, permitindo a redução de mais de 50% no tempo de preparação. Com os resultados apresentados, foi possível verificar que a metodologia Shingo ainda está em voga por ser uma ferramenta eficiente na redução de tempos de *setup*, que é relevante em setores altamente competitivos, tais como o setor da indústria automotiva.

Segundo [39], para a implementação do SMED é preciso conhecer as três etapas a seguir, ilustradas na Figura 8.

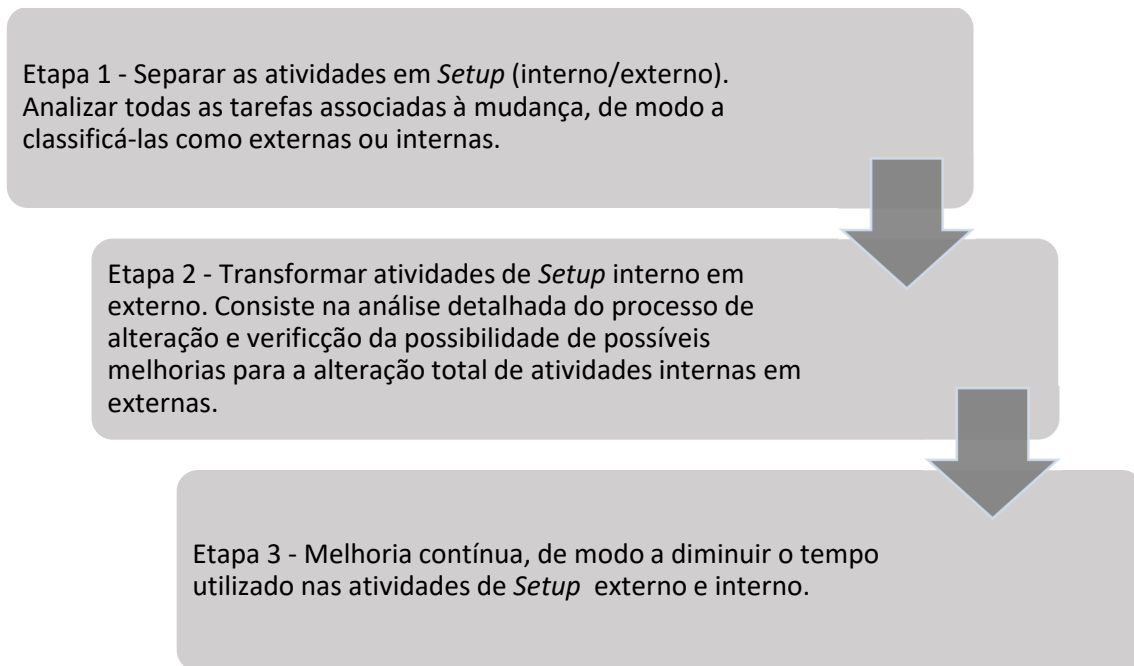


Figura 8 - Três etapas da ferramenta SMED. Adaptado de [39].

2.5.6 Fluxo contínuo

O fluxo contínuo é resultado da necessidade em reduzir o tempo de espera na produção. A sua implementação pode exigir alterações e reorganização do *layout* industrial. Os tradicionais *layouts* funcionais (ou *layout* por processos), onde as máquinas e recursos estão organizados conforme a sua função, são substituídas por postos de produção ou linhas de produção, onde estão empregados os equipamentos necessários para a produção de grupos de produtos necessários. Estas alterações são apenas o passo inicial para a implementação da produção enxuta [43].

O [46], realizou um estudo que teve como objetivo a redução dos desperdícios provenientes das trocas de ferramentas. A sua aplicação foi realizada numa linha de montagem designada como projeto piloto na implementação da metodologia SMED, complementada por outras ferramentas *Lean*. As soluções apresentadas tiveram um impacto positivo, durante uma semana, o tempo necessário para testar a solução. O *setup* foi reduzido em 58,3%, o que corresponde a 210 min. Após a aplicação das melhorias, os técnicos de *setup* deixaram de ser necessários, sendo que a configuração nos postos de trabalho ficava assegurada pelo próprio operador do equipamento, exceto nas alterações das referências que exigem a troca do molde de zamak. Devido aos resultados obtidos nesse trabalho, a empresa passou a implantar este tipo de abordagem nas demais linhas e equipamentos.

A sincronização do fluxo de peças individuais permite eliminar ou reduzir o tempo de espera entre processos. A utilização de um fluxo contínuo necessita de uma sincronia perfeita das operações ao longo do processo [39].

2.6 Ferramentas da Qualidade

Visando auxiliar e impulsionar a aplicação das metodologias e técnicas no setor industrial, foram desenvolvidas diversas ferramentas. Assim sendo, uma ferramenta da qualidade representa um dispositivo numérico ou gráfico que visa auxiliar indivíduos ou equipes de trabalho a melhorar processos [64].

De acordo com a norma ISO 9001:2015, a definição de qualidade é a “aptidão de um conjunto de características intrínsecas para satisfazer as exigências do cliente”, de modo a garantir a qualidade, não só na produção, mas também nos serviços. Ao longo do tempo, foram criadas diversas ferramentas da qualidade.

Na sequência, serão analisadas um conjunto de ferramentas utilizadas no desenvolvimento deste trabalho, ferramentas estas que se destacam tanto pela facilidade na sua aplicação, quanto pela sua utilidade, nomeadamente:

- Diagramas de Causa e Efeito (também conhecido por Diagramas de Ishikawa);
- Análise SWOT, com o propósito de efetuar uma análise estruturada.

2.6.1 Diagrama de Causa e Efeito (Diagrama Ishikawa)

Devido ao seu inventor Kaoru Ishikawa, o Diagrama de Causa e Efeito é também conhecido por Diagrama de Ishikawa ou Diagrama Espinha de Peixe, devido ao seu formato visual. O diagrama consiste numa ferramenta que visa identificar as possíveis causas de um problema, onde são ordenadas e expostas as causas de um problema em específico.

A análise ao Diagrama de Ishikawa, pode ser realizada por um grupo de trabalho multidisciplinar, como por exemplo com o auxílio do conjunto de categorias técnicas “6M” (método, mão de obra, matéria-prima, máquinas, medição e meio ambiente). [64]. O diagrama apresentado na Figura 9, ilustra graficamente a cadeia de causas e efeitos do problema em análise, a partir do conjunto de categorias da técnica “6M”, onde, para cada categoria, existem várias causas associadas.

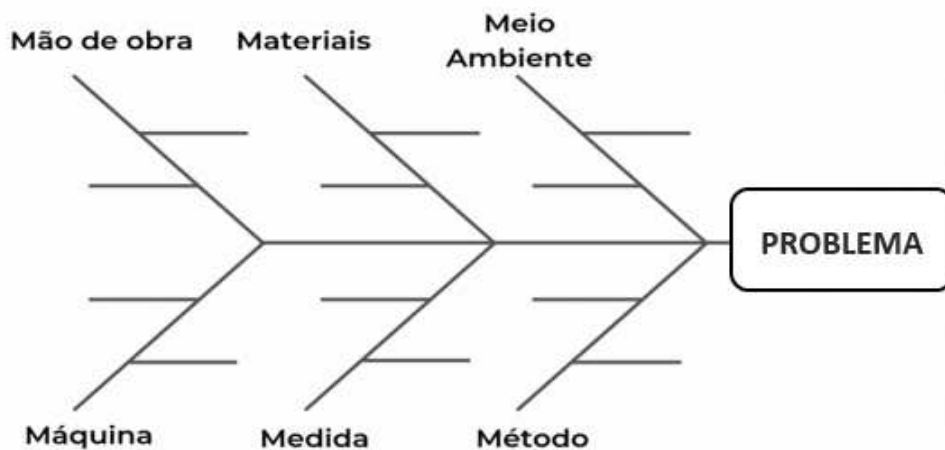


Figura 9 - Exemplo de um Diagrama de Causa e Efeito.

O autor [48], realizou um estudo que teve como objetivo estabelecer os critérios para o processo de fundição sob pressão em peças estéticas, visando zerar ou reduzir as operações de acabamento, reduzindo o custo final através da redução de tarefas. A fim de definir os fatores de maior influência no resultado final da fundição, foi desenvolvido um diagrama de *Ishikawa* para auxiliar neste trabalho. No decorrer do trabalho, e para dar solução ao problema, foi utilizado o *software* SolidCast™ para realizar simulações numéricas, análise ao fluxo de material no molde e suas linhas de fusão, e realização de testes empíricos a fim de correlacionar os resultados obtidos com os parâmetros. O estudo permitiu traçar algumas diretrizes para alcançar os resultados esperados para o processo de fundição de *Zamak* sob pressão de peças estéticas complexas, favorecendo a economia de tempo para abordagens futuras.

2.6.2 Análise SWOT

A análise SWOT é uma ferramenta que tem como objetivo a análise da posição competitiva de uma determinada solução, ou da organização comparada aos seus concorrentes. Assim sendo, são analisados em detalhe quatro parâmetros, que podem vir a ser divididos em fatores dentro da organização, nomeadamente: forças, fraquezas (ou fatores internos à organização), as oportunidades e as ameaças (fatores externos à organização) [65].

A Figura 10 apresenta um modelo de análise SWOT que pode ser utilizado pela equipa para identificar oportunidades de melhoria, através da combinação dos fatores em análise.



Figura 10 – Representação esquemática de uma análise SWOT.

A partir de análise SWOT, o autor [72] realizou este estudo com objetivo de otimizar uma ferramenta utilizada na indústria de fiação para crimpagem de terminais, de modo

padronizá-la tornando-a adaptável a qualquer tipo de terminal que cumpra as dimensões impostas para ferramentas deste alcance (terminais pequenos), podendo ainda ser uma alternativa para terminais padronizados.

Consequentemente, foi possível demonstrar que, a partir de uma estrutura com elementos normalizados, uma alternativa para terminais especiais é viável a um custo melhorado, eliminando a necessidade de adaptações das ferramentas convencionais e simplificando e agilizando a resposta a este tipo de necessidades da indústria de fiação.

2.6.3 Ciclo PDCA

O PDCA (*Plan – Do – Check – Act*) é uma metodologia utilizada para a gestão de processos ou sistemas. É o caminho que visa atingir o grau de eficiência desejado para cada organização e tipo de produto. Deste modo, não é possível realizar um ciclo PDCA sem ter metas bem definidas.

O ciclo PDCA baseia-se num *checklist* dividido em quatro etapas. Deming propõe como este procedimento como uma base de trabalho para apoiar a conceção de produtos e a manutenção da qualidade no longo prazo [68]. A Figura 11 apresenta o ciclo PDCA na sua ordem específica, que se repete continuamente.

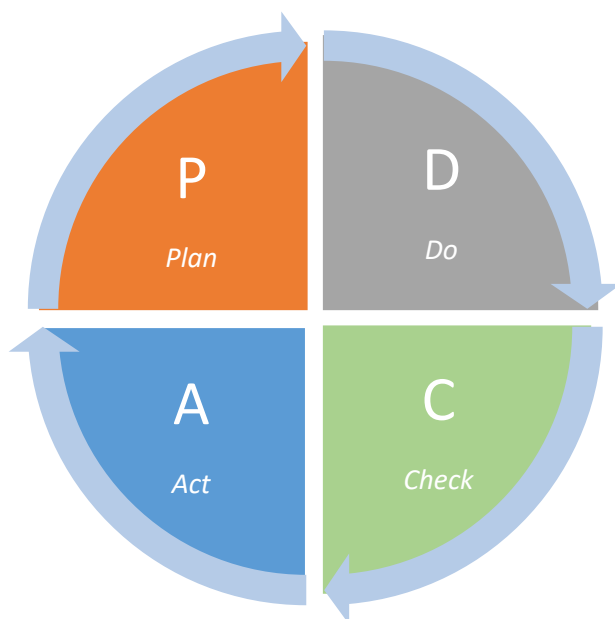


Figura 11 – Representação esquemática de um ciclo PDCA.

Em seguida, descreve-se resumidamente cada uma das etapas deste ciclo.

Plan – O início deste processo de melhoria dá-se pelo planeamento das ações. Esta etapa pode envolver uma grande quantidade de conhecimento, análises de outras ferramentas e avaliações. Nesta etapa, as decisões devem estar ligadas aos objetivos pré-definidos, com a descrição das mudanças necessárias, os tipos de medida de

desempenho a serem executados, definição dos responsáveis e suas tarefas. Ainda nesta fase, deve ser feita uma análise aos dados ou recursos, as possíveis implicações das ações, caso não aconteça como o previsto.

Do – Fase de implementação do plano, que deve ter a colaboração de todas as partes interessadas. Nesta fase, devem existir métodos científicos e formações, deve ser feito um levantamento às expectativas dos clientes, captação de informação, conhecimento do processo e sua variabilidade, ter conhecimento de projetos com objetivos melhorados, formação de equipas de projeto e exteriorização dos resultados positivos. De qualquer pequena implementação ou teste realizado nesta fase, deverá ser realizada a extração dos dados.

Check – Visa a verificação da evolução conforme o planeado, sendo uma fase de grande importância no ciclo. Esta etapa é onde são medidos e observados os efeitos provenientes das mudanças ou testes realizados na fase anterior, *Do*. É ainda realizada uma análise dos resultados, *feedback* e, se necessário, é realizada uma revisão. As medidas de desempenho definidas na primeira fase *Plan*, devem ser consideradas e todos os problemas apresentados para uma avaliação numa base real, visando evitar penalizações.

Act – Nesta fase são feitas ações corretivas, baseadas nas lições aprendidas nas fases anteriores, onde as escolhas são adotadas ou descartadas conforme os resultados obtidos anteriormente. Deve-se realizar um estudo sobre todas as melhorias padronizadas e arquivar toda a documentação que se refere às ações de maior impacto relativamente às ideias inovadoras. A avaliação realizada nesta fase, deve ser utilizada como um processo de aprendizagem a partir do conhecimento adquirido até aqui, de modo a evitar repetir os mesmos erros no futuro [68].

Apoiado pela metodologia PDCA, o autor [71], desenvolveu este trabalho com o objetivo de melhorar as linhas de montagem dos cabos de aço responsáveis pelos sistemas de acionamentos básicos de veículos, como por exemplo: elevação de janela e acionamento das portas. O objetivo deste trabalho foi alcançado com a atualização do equipamento e eliminação/redução de desperdícios em várias áreas: problemas no abastecimento, movimentação do operador, confiabilidade do equipamento, o equilíbrio das tarefas, a definição e padronização dos métodos de trabalho. Este projeto gerou um aumento de 41% na produtividade desta linha, por meio de investimento único realizado. As ferramentas Lean se mostraram importantes a partir dos resultados obtidos, uma vez que resultaram numa abordagem sistemática, tanto para os processos, bem como no envolvimento das pessoas envolvidas.

2.6.4 Brainstorming

O *brainstorming* define-se como uma reunião de grupo que visa encontrar novas ideias, onde a livre expressão dos participantes envolvidos deve ser assegurada. O grande objetivo é a maximização do fluxo de ideias, estimular a criatividade e a capacidade analítica do grupo [69].

Segundo o modelo de Osborn, esta técnica deve ter as seguintes características [70]:

- Quantidade: quanto maior o número de ideias devotadas especificamente ao mesmo problema, melhor;
- Flexibilidade: como o propósito desta técnica é a busca de novas abordagens na solução de um problema, fugir do tradicional é interessante;
- Liberdade: as ideias apresentadas durante uma sessão de *brainstorming* não devem ser alvo de críticas;
- Interatividade: as ideias abordadas podem ser otimizadas, ou mesmo mesclada entre elas, dando então origem a novas soluções;
- Tangibilidade: as ideias apresentadas devem ter a capacidade de sair do papel e transformar-se em ações concretas.

A técnica apresentada segue os seguintes passos descritos na Figura 12.

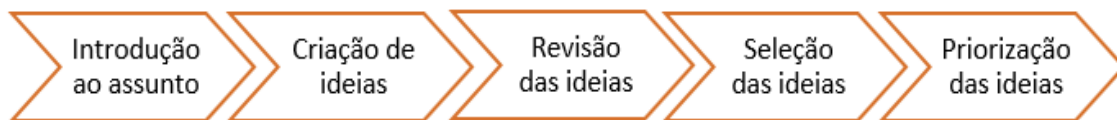


Figura 12- Metodologia utilizada na realização de uma sessão de *brainstorming*. Adaptado de [64].

2.7 Ensaio de Dureza Vickers

De acordo com a norma ASTM E92, o ensaio de Dureza Vickers é um método utilizado para classificar a dureza dos materiais através de ensaios laboratoriais. O ensaio consiste em comprimir um pequeno indentador em forma de pirâmide com ângulo diedro de 136° composto por diamante, contra um corpo de prova com uma carga "F" predeterminada, aplicada à superfície do material. A indentação resultante é medida em ambos os eixos, de vértice a vértice. A média das medições dos eixos é convertida num valor de dureza Vickers utilizando uma fórmula específica, Equação (6) ou, mais frequentemente, o uso de um gráfico baseado na fórmula.

Ao definir a carga de ensaio, a aplicação de uma maior carga fornecerá resultados mais precisos, dentro de determinados limites estabelecidos pela área do indentador, dado que uma carga maior gera uma maior impressão e melhor resolução de medição,

portanto gera resultados mais confiáveis. O cálculo da dureza Vickers é dado através da área “A” da superfície reproduzida pelo indentador na superfície (suas diagonais).

O cálculo da Dureza Vickers é dado por:

$$HV = \frac{F}{A} = \frac{2 \cdot F \cdot \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2} \quad (6)$$

Onde d é dado por:

$$d = \frac{d_h + d_v}{2} \quad (7)$$

As impressões causadas pelo penetrador possuem geometrias semelhantes. Assim sendo, são aplicadas cargas de diversas magnitudes sobre a superfície plana do corpo de prova da amostra, consoante a dureza a ser medida. O valor de dureza Vickers (HV), é obtido pela relação entre a carga aplicada, dada em (kgf), e a área superficial da amostra, dada em (mm²).

2.8 Estudo e análise de outros trabalhos realizados

Durante a execução deste estudo, foram analisados e estudados diversos trabalhos práticos, de outras autorias. Trabalhos estes que tinham como objetivo a implementação e aplicação de metodologias como: TPM, melhoria dos valores de OEE, 5S na Manutenção e Indicadores de Desempenho, os quais estão representados nas Tabela 16 a Tabela 18.

Tabela 16 - Trabalhos de referência

Referências bibliográficas	Descrição do trabalho
Pombal <i>et al.</i> (2019)	<p>Este trabalho teve como objetivo a implementação das metodologias <i>Lean</i>, na gestão de materiais consumíveis da oficina de manutenção de uma empresa industrial, onde foi feito um ajuste, visando reduzir a quantidade de materiais e reorganizar a sua localização.</p> <p>Foram utilizadas ferramentas como 5S, possibilitando uma melhoria na organização do armazém de materiais consumíveis, assim como a redução no tempo em cerca de 70% para localizar o material necessário, utilizando uma gestão visual. Também foi possível notar uma melhor gestão do <i>stock</i>, através do ajuste do <i>Kanban</i> (30%) e, por fim, o tempo necessário para repor o <i>stock</i> foi otimizado através do uso de um <i>Mizusumashi</i> (com uma expectativa de melhoria de 50%).</p>
Fernandes <i>et al.</i> (2019)	<p>O presente trabalho apresenta um estudo de um caso realizado numa empresa multinacional focada na produção de peças para a indústria automóvel, onde houve a necessidade de implementar indicadores-chave de desempenho para atender à norma IATF 16949: 2016. Também foi elaborado um modelo para a gestão de peças de reposição relacionadas com a manutenção. Junto com estas mudanças, foi necessária também a aplicação de ferramentas <i>Lean</i>, com o objetivo de ajustar os procedimentos e fluxos de informações.</p> <p>Os resultados obtidos mostraram-se satisfatórios. Foi possível implementar os principais indicadores de desempenho, cujos dados de suporte são agora rotineiramente extraídos e calculados automaticamente, a gestão de peças de reposição foi ajustada com vista a otimizar o espaço do armazém e trabalhar com um <i>stock</i> enxuto, de modo a não comprometer equipamentos críticos na produção. A aplicação da metodologia SMED, permitiu a redução do tempo de preparação em 11%, e a ferramenta <i>Lean</i> 5S ajudou a organizar as atividades de troca de moldes. Foi alcançado, um OEE de mais de 90%.</p>
Costa <i>et al.</i> (2018)	<p>Este estudo teve como principal objetivo a aplicação da metodologia 5S na célula de uma máquina, utilizada no processo de soldadura de guias, visando obter um posto de trabalho com maior eficiência e segurança. Os resultados apresentados mostraram-se satisfatórios, tanto no setor da produção, como na qualidade e segurança. As melhorias realizadas resultaram num nível mínimo de desperdícios, assim como em menores tempos de trabalho, gerando maior produtividade e eficiência, resultando num melhor cumprimento dos prazos de entrega e na satisfação dos clientes.</p>

Tabela 17 - Trabalhos de referência

Referências bibliográficas	Descrição do trabalho
Sousa <i>et al.</i> (2018)	<p>Este estudo visou reduzir o tempo de <i>setup</i> de um equipamento da indústria de cortiça em 55%. Utilizou-se a metodologia SMED, em paralelo com um modelo A3 e o cálculo de OEE (eficiência geral do equipamento). Com as melhorias implementadas, o impacto foi positivo no processo e os principais objetivos foram quase alcançados. Houve uma redução de 43% no tempo médio de troca de ferramentas e parâmetros do equipamento, considerada significativa; sendo que há três equipamentos idênticos, mas com peças diferentes, portanto, existe uma necessidade futura de normalizar as várias ferramentas do equipamento para que haja certa estabilidade no processo de <i>setup</i>.</p>
Santos <i>et al.</i> (2019)	<p>Este trabalho teve como objetivo a aplicação de um método prático e estruturado na classificação do grau de criticidade dos equipamentos, onde foram divididos em três categorias (A, B e C). Esse método baseou-se em cinco fatores: Qualidade, Disponibilidade, Segurança e Meio Ambiente, Custos e Complexidade Tecnológica. Foi aplicado em quatro fábricas diferentes, sendo todas elas do ramo da indústria alimentar. Após a classificação desses ativos, foi possível definir estratégias de abordagem por categoria, o que levou à aplicação de uma metodologia de Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM), otimização dos Planos de Manutenção Preventiva (PMP), inclusão dos ativos críticos no Sistema de Gestão Computadorizada da Manutenção (CMMS), entre outros. A validação dos resultados obtidos aconteceu através de uma análise e comparação com os resultados das diferentes fábricas em estudo. A categorização de um ativo quanto à sua criticidade, pode gerar riscos, quando se tem muitos ativos na categoria A, fator que pode acarretar um aumento dos custos devido a análises excessivas, e por outro lado, a escassez de equipamentos nessa categoria pode gerar custos indiretos, devido a falha do equipamento em questão. Assim sendo, foi realizada uma análise bem detalhada a fim de contemplar todos os critérios atribuídos a cada equipamento. O resultado do estudo permitiu obter um valor final dos equipamentos pertencentes à categoria A, que é de 16,1% (103 equipamentos), categoria B de 46,9% (299 equipamentos) e categoria C de 37,0% (236 tipos de equipamentos).</p>

Tabela 18 - Trabalhos de referência

Referências bibliográficas	Descrição do trabalho
Guariente <i>et al.</i> (2017)	O objetivo deste trabalho foi a implantação de manutenção autónoma numa linha de produção de tubos de ar condicionado do setor automóvel, assim como a redução da quantidade de paragens por falha nos equipamentos. Para isso, foram aplicados os sete pilares que constituem o TPM. O projeto resultou num resultado satisfatório, apresentando uma redução no número de intervenções, um aumento de 10% na taxa mensal de disponibilidade do equipamento, assim como de 8% no OEE (Overall equipment effectiveness) avaliados dentro de um mesmo período de tempo. Sob efeito destas aplicações, identificou-se um aumento do MTBF, e uma redução no MTTR devido a implementação das práticas de gestão TPM.
Ferreira <i>et al.</i> (2019)	Este trabalho teve como objetivo a criação de um KPI para que a empresa pudesse avaliar os trabalhos executados nas atividades de manutenção, assim como um modelo para a avaliação da obsolescência de componentes eletrônicos das máquinas de uma linha de produção. Assim sendo, foram realizados estudos de caso para auxiliar na validação de um novo modelo de abordagem. O trabalho apresentou ganhos positivos, onde foram criadas duas ferramentas para auxiliar o departamento de manutenção na sua gestão diária, de forma positiva. Assim sendo, foi possível concluir, que, tanto o modelo de obsolescência quanto o KPI, podem ser ajustados de acordo com os objetivos da organização.
Antoniolli <i>et al.</i> (2017)	O presente trabalho teve como principal objetivo a padronização das operações e eliminação ou redução do número de atividades que não geram valor agregado, visando o aumento da produtividade e associar as ações de melhoria contínua ao processo em questão, de modo a eliminar os desperdícios numa indústria de componentes para automóveis. Para desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados conceitos da metodologia <i>Standard Work</i> , que suporta a filosofia <i>Lean Thinking</i> e o <i>Kaizen</i> . O estudo permitiu ajustar os objetivos da produção e os tempos de ciclo à capacidade da linha. Assim sendo, notou-se um aumento da produtividade e eficiência das máquinas, assim como dos trabalhadores. Com a eliminação dos desperdícios e geração de valor, foi possível aumentar a média geral do OEE em 16%, de 70% para 86%.

DESENVOLVIMENTO

3.1 Caracterização da empresa

3.2 Caracterização do Problema

3.3 Brainstorming

3.4 Ações de melhorias urgentes

3.5 Resumo das ações de melhoria e seu impacto

3.6 Planeamento de ações de Manutenção Preventiva

3.7 Implementação de indicadores de controlo

3.8 Implementação de Manutenção Preventiva

3.9 Análise crítica global

3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO INICIAL

3.1 Caracterização da empresa

A Ficosa Internacional é um fornecedor global de primeira linha envolvido na pesquisa e desenvolvimento, fabricação e *marketing* de sistemas avançados de visão, segurança, conectividade e eficiência tecnológica para os setores de motores e mobilidade.

A empresa foi fundada em 1949, desde que José María Pujol e José María Tarragó deram início a uma emocionante aventura numa pequena oficina em Barcelona, onde a empresa foi criada para fabricar cabos mecânicos para o mercado de peças de reposição. Devido à revolução industrial no setor automobilístico em expansão na Espanha, entre os anos 1950 e 1970, a Ficosa evoluiu tecnologicamente e consolidou a sua posição como fornecedor local na fabricação de componentes para automóveis.

O processo de internacionalização iniciou quando a empresa se estabeleceu na cidade do Porto (Portugal) nos anos setenta. No período entre 1986 e 1995, a empresa tornou-se fornecedora dos principais fabricantes europeus. Quando a Espanha ingressou na Comunidade Económica Europeia, em 1986, lançou-se no mercado europeu num momento que a empresa já era líder em cada uma das suas linhas de produtos na Espanha. Após consolidação na Europa, no ano de 1996 a empresa deu início a um processo para se tornar uma empresa de nível global. Foi assim que começou o crescimento para a América do Norte e do Sul; primeiro nos Estados Unidos e México (1995), no Brasil e Argentina (1997) e na Ásia (1998), por meio de uma *joint venture*.

No ano de 2001, foi dado um importante salto qualitativo e quantitativo, consolidando a presença na Europa e criando centros de produção em países importantes como Polónia e Turquia. Nesse mesmo momento, iniciaram as operações na Coreia do Sul, Roménia, China e Rússia. Além disso, deu-se um forte impulso na atividade de processos e desenvolvimento, com a criação de um Centro de Tecnologia em Mollet del Vallés (Barcelona, Espanha), em 2004.

A transformação em produtos com mais componentes elétricos foi impulsionada após a aquisição da fábrica da Sony em Viladecavalls, em 2010. As instalações foram utilizadas para estabelecer um novo Centro de Tecnologia, que é a força motriz dos esforços de pesquisa e desenvolvimento da organização em todo o mundo, tornando-se uma referência na indústria automóvel na Europa.

Em 30 de junho de 2015 iniciou-se uma aliança de capital e negócios com a Panasonic, para garantir o seu lugar no mercado de novas tecnologias, o que visa conferir a robustez necessária para liderar a transformação tecnológica na indústria automóvel.

Atualmente, a Ficosa tem a sua sede localizada em Barcelona (Espanha), e também centros de produção, centros de engenharia e escritórios de vendas presentes em 19 países da Europa, América do Norte, América do Sul e Ásia. Atualmente, conta com uma equipa de mais de 10.000 profissionais repartidos pelo mundo [60, 61].

3.1.1 História da empresa em Portugal

Fundada em 1972, a Ficocables localizada na cidade da Maia (Portugal), foi o primeiro investimento da Ficosa além das fronteiras da Espanha. A empresa iniciou as suas atividades numa garagem arrendada em Vila Nova de Gaia, com apenas três funcionários, no final de 1971, com a designação de Teledinâmica (Ficocables, 2012). Em 3 de agosto de 1972, a empresa associou-se à firma Pujol e Tarragó, hoje designada Grupo Ficosa Internacional, S.A., com sede em Barcelona.

A Teledinâmica passou a beneficiar das competências e da assistência técnica de cabos de comando e transmissões de velocímetros para automóveis. No ano de 1980, iniciaram as vendas para o mercado externo, exportando para a Fiat Italiana e para vários outros fabricantes europeus. Com o elevado crescimento para o mercado externo, no final de 1981, a empresa passou a realizar as suas atividades na cidade da Maia.

No ano de 1993, a empresa mudou o seu nome para Ficocables, Lda., desde então, esta unidade fabril cresceu em volume de negócios, assim como na produção e desenvolvimento em sistemas de portas e assentos. Atualmente emprega mais de 1.400 profissionais.

A Ficosa aumentou a sua presença em Portugal, com um investimento de € 5 milhões. A fábrica da Ficocables foi ampliada, com a construção de um novo edifício, visando aumentar a competitividade, a eficiência e a capacidade de produção da empresa em Portugal e proporcionar um melhor local de trabalho para todos os seus funcionários. A construção deste novo edifício, com 7.800 m² de espaço, foi concluída no final do ano de 2018 e entrou em pleno funcionamento no início de 2019.

Na Figura 13, é apresentado o centro de produção da Ficocables localizado na Maia [59].



Figura 13 – Centro de produção da Ficocables [59].

A instalação da Maia é responsável pelo processo produtivo dos sistemas de conforto e sistemas de cabos de acionamento em geral para automóveis. Conta também com um centro de processos e desenvolvimento. O sistema produtivo está dividido em: sistemas de conforto, onde são produzidos sistemas lombares de conforto para as costas e assento de bancos para automóveis; sistemas de portas e assentos, onde são produzidos cabos de acionamento mecânico para sistemas de elevadores de janela, travão de mão, acelerador, abertura de porta, *capot* e porta-malas [60, 61].

A Figura 14, ilustra alguns modelos de cabos de acionamento produzidos nos sistemas de portas e assentos.

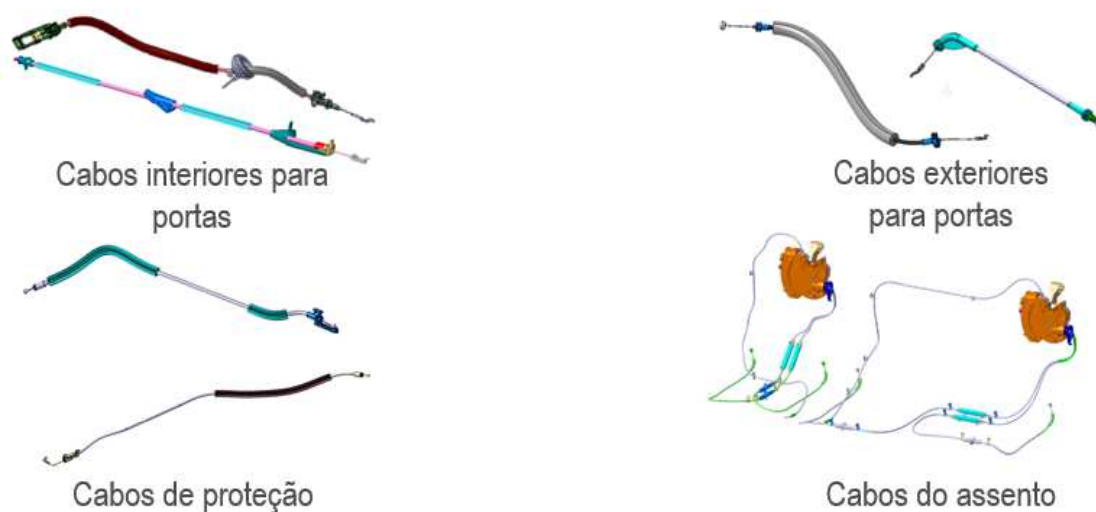


Figura 14 – Portifólio dos cabos de acionamento.

A Figura 15, apresenta alguns dos produtos produzidos nos sistemas de conforto. São denominadas grelhas ou coxins, que são elementos do banco ou do encosto para o assento de veículos automóveis.

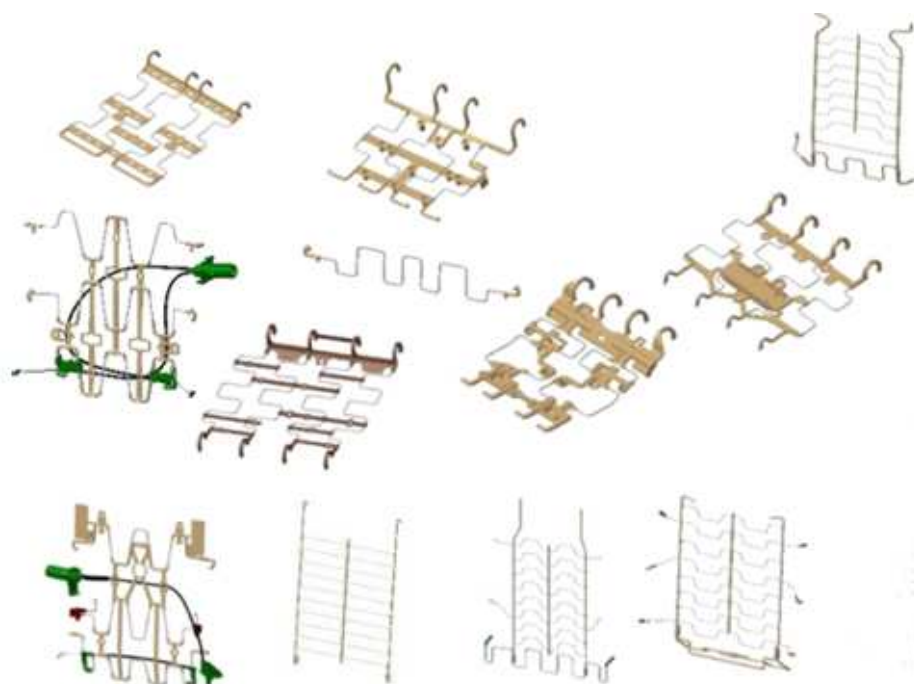


Figura 15 – Grelhas dos sistemas de conforto.

3.1.2 Organização dos Departamentos da Ficocables

Os departamentos operacionais da Ficocables estão estruturados em dezessete direções, onde se destacam a direção industrial, a direção da manutenção, a direção da engenharia de processos, a direção da logística, a direção da qualidade, a direção da melhoria contínua e a direção da engenharia de segurança no trabalho.

A presente dissertação foi desenvolvida através de um estágio realizado no departamento de manutenção da Ficocables. O orientador do estágio na organização foi o diretor de manutenção e no decorrer deste, foram realizadas funções habitualmente desempenhadas pela equipa da manutenção e planeamento. A gestão da manutenção é constituída pelo diretor, por um coordenador técnico, por um engenheiro responsável pelos processos e projetos de manutenção e um administrativo. A equipa técnica da manutenção está organizada por UAP's (Unidade Autónoma de Produção) e por turnos, tendo três turnos, onde cada turno conta com um encarregado técnico, um líder. No total, são vinte e oito técnicos de manutenção. O departamento da manutenção encontra-se organizado conforme apresentado na Figura 16.

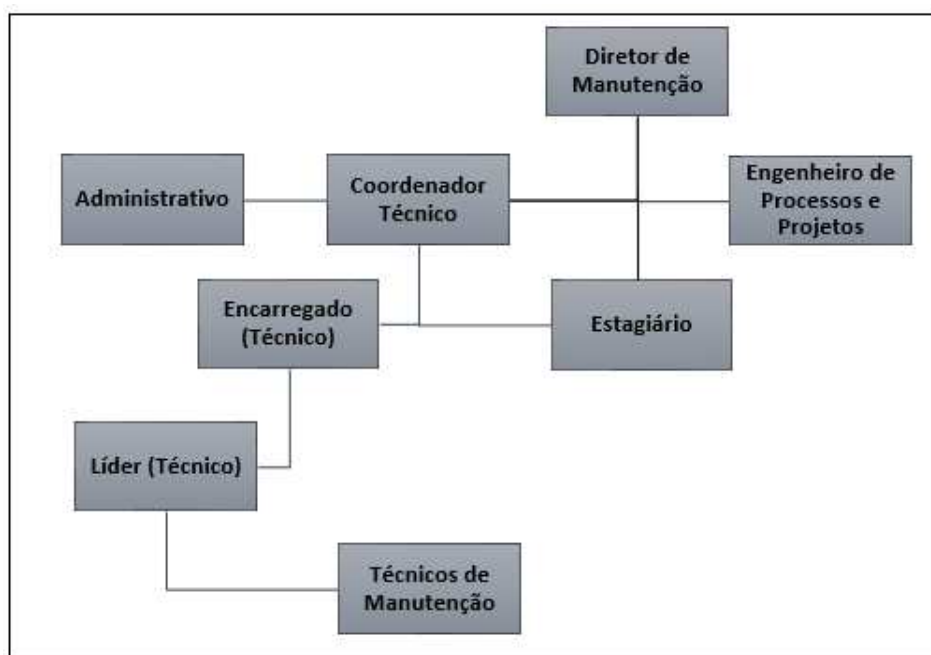


Figura 16 – Organograma do Departamento de Engenharia de Manutenção.

3.1.3 Unidade Autónoma de Produção UAP

Hoje, a produção da Ficocables Lda. conta com cinco UAP's, as quais estão divididas conforme o ilustrado na Tabela 19.

Tabela 19 – Distribuição das UAP's

UAP	Descrição atividade	Máquinas
UAP 1	Fabricação de espiral e revestimento de cabo e arame	Extrusoras; Máquinas de fabrico de espiral tambor; Máquinas de corte.
UAP 2	Módulo de fabricação de pequenas séries e injeção de plástico	Linhas de montagem; Máquinas. de injeção de Zamak; Máquinas. de injeção de plástico; Máquinas de corte.
UAP 3	Módulo de fabricação de grandes séries	Linhas de montagem; Máquinas. de injeção de Zamak; Máquinas de corte.
UAP 4	Fabricação de sistemas de conforto, sobre injeção de plástico / Corte e conformação de arame	Linhas de montagem; Máquinas de conformação de arame; Máquinas de injeção de plástico; Extrusoras; Máquinas de corte.
UAP 5	Módulo de fabricação de pequenas séries	Linhas de montagem; Máquinas de injeção de Zamak; Máquinas de injeção de plástico; Máquinas de corte.

Para elaboração deste estudo foi escolhida a UAP 4, com vista à aplicação de um novo plano de manutenção.

3.2 Caracterização do Problema

A direção da manutenção da Ficocables passou por mudanças em maio de 2019, onde o novo diretor de manutenção tinha como objetivo a reestruturação do departamento de manutenção, redução de custos e a redução do número de intervenções para manutenção corretiva. Assim sendo, a proposta inicial de estágio curricular a ser realizado na empresa era a implementação de um planeamento de manutenção preventiva mais efetivo e bem estruturado, visto que haviam falhas na execução do planeamento de manutenção preventiva anteriormente implantado. As atividades de manutenção preventiva tiveram início em setembro de 2019.

3.2.1 *Manutenção Preventiva no contexto da Ficocables*

A manutenção preventiva que estava sendo aplicada, era realizada de acordo com um plano de manutenção lançado no sistema no início de cada ano. O plano estava disponível no sistema e num quadro localizado na serralheria da manutenção, local onde é visível para todos os técnicos. A realização das atividades realizava-se da seguinte forma: os técnicos com disponibilidade para trabalhar aos sábados, consultavam no sistema as máquinas que estavam com a manutenção pendente, e assim, realizavam a manutenção à máquina que estava disponível.

Este tipo de ação tornava a manutenção pouco eficiente, uma vez que os equipamentos não eram priorizados consoante a sua criticidade. A falta de um planeamento bem estruturado da manutenção, acarretou o não cumprimento da meta estabelecida, que visava atingir 90% das manutenções realizadas.

3.2.2 *Taxa de cumprimento do Plano de Manutenção Preventiva*

A taxa de cumprimento do Plano de Manutenção Preventiva (PMP) de janeiro a agosto de 2019, período no qual ainda não havia sido implantado o novo plano de manutenção, apresenta valores bastante inferiores ao objetivo, fixado em 90%, exceto para as máquinas de injeção de plástico que apresentou um valor de 96,6%, superior ao objetivo fixado. Na Figura 17, está a representação em forma de gráfico para os valores obtidos. Analisando o gráfico da Figura 17, é evidente que o PMP não apresenta valores satisfatórios, onde se encontram muitas intervenções de manutenção preventiva em atraso.

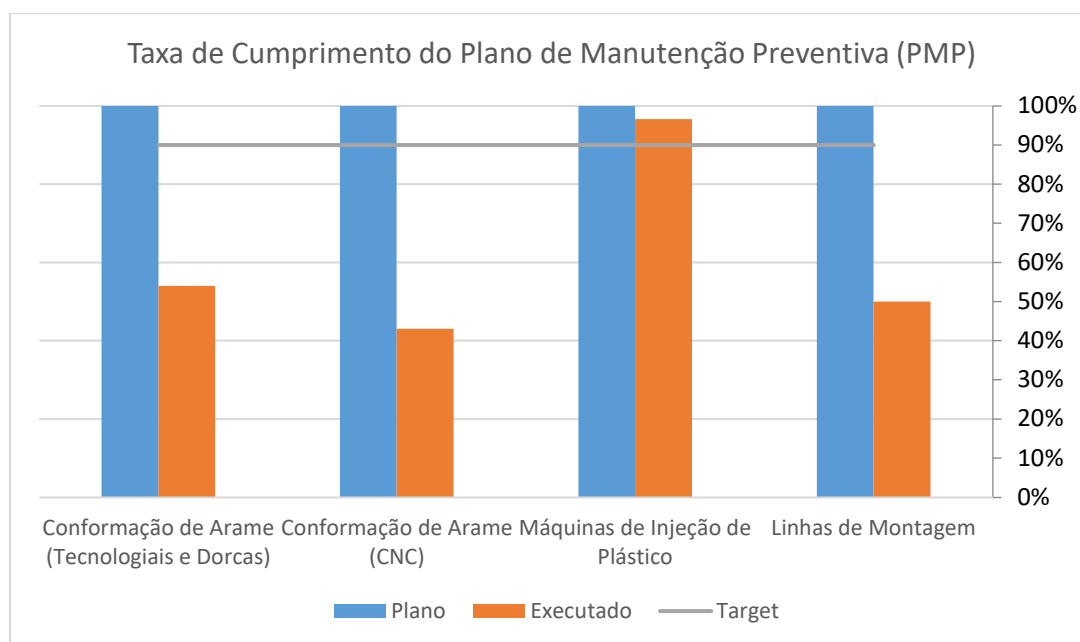


Figura 17 – Taxa de cumprimento (%) do PMP na Ficocables em 2019.

3.2.3 Detecção do problema

A partir dos valores obtidos do cumprimento do PMP, foi possível realizar uma análise ao que seriam as possíveis causas pelas quais o PMP apresenta tais índices, nomeadamente:

- Não cumprimento do plano de manutenção preventiva;
- Planeamento não sincronizado com a produção;
- Equipa técnica limitada em quantidade de elementos para o elevado número de equipamentos;
- Pouca monitorização dos equipamentos, históricos não fiáveis e informação mal-organizada;
- Pouca assertividade na manutenção preventiva;
- Falta de priorização dos equipamentos;
- Não cumprimento ao plano de manutenção de primeiro nível;
- Má gestão das peças de reposição no armazem.

A partir dos problemas levantados, foi efetuada uma análise de causa efeito para tentar chegar às causas raiz que originavam as baixas taxas de cumprimento dos PMP, Figura 18.

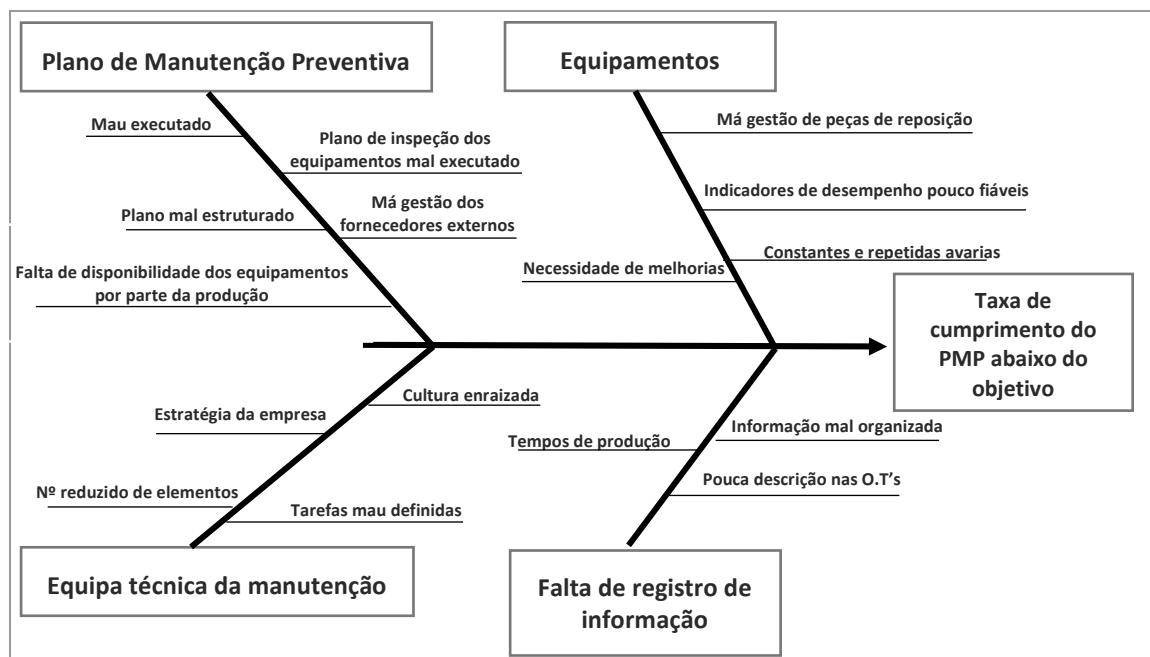


Figura 18 – Diagrama causa efeito para o baixo cumprimento do PMP na Ficocables em 2019.

3.3 Metodologia de abordagem dos problemas

A metodologia aplicada no PMP da Ficocables, deu-se a partir de uma estrutura baseada no Ciclo PDCA, com vista a ter um planeamento bem estruturado, com as atividades e rotinas de trabalho bem definidas, envolvendo todo o Departamento de Manutenção. Então, as quatro etapas que compõe o ciclo foram divididas da seguinte forma, Figura 63.

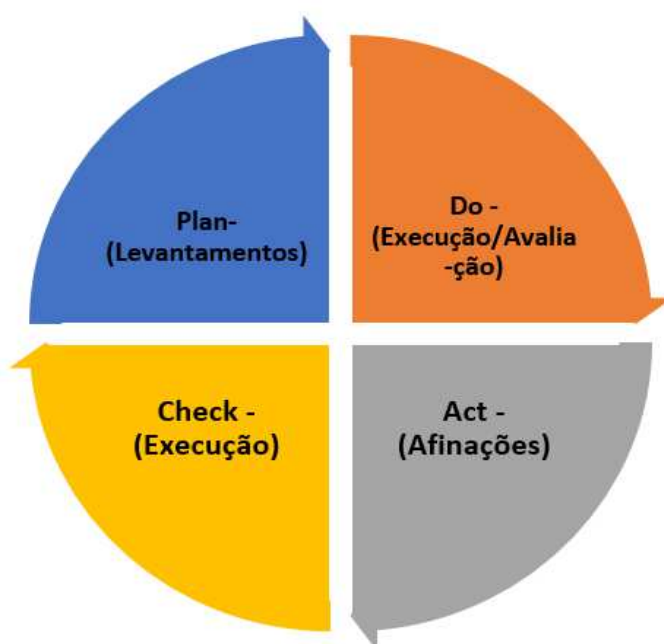


Figura 19 – Etapas do Ciclo PDCA aplicado às atividades de manutenção.

A estruturação do ciclo realizou-se com base nas seguintes atividades, Figura 64.

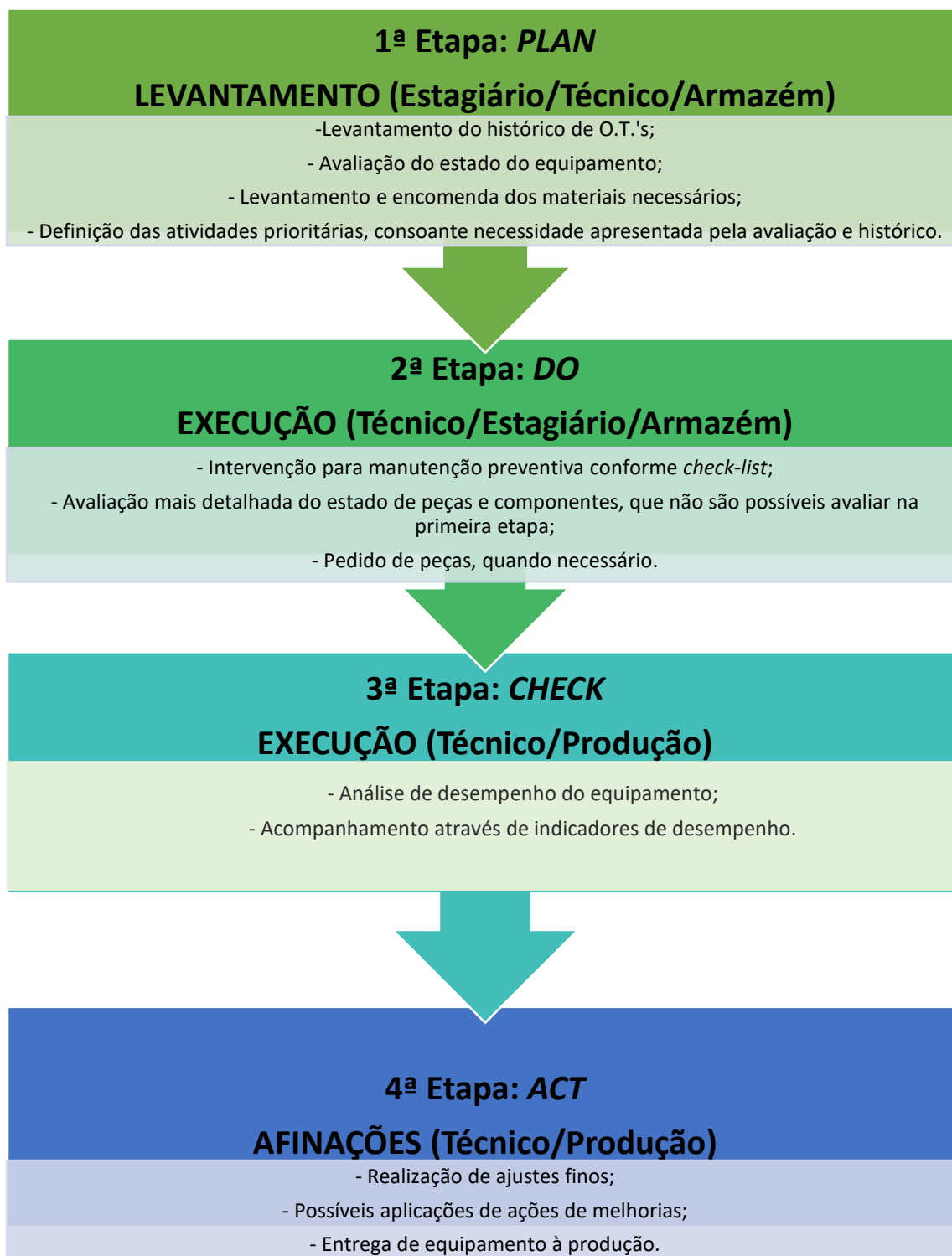


Figura 20 – Descrição das etapas do Ciclo PDCA aplicado às atividades de manutenção da Ficocables.

A divisão das atividades em quatro etapas, realizou-se da seguinte forma.

1ª Etapa *PLAN*: Processo realizado 15 (quinze) dias antes da data planeada para execução da manutenção. Nesta fase, era realizado o levantamento das peças necessárias, acompanhado do técnico responsável, onde junto do mesmo, também era realizada uma avaliação do estado do equipamento e, se necessário, era realizado um ajuste ao *check-list* das atividades. Ainda nesta fase, eram encomendadas as peças de reposição necessárias.

2ª Etapa *DO*: Execução da manutenção preventiva, onde a máquina era libertada pela produção logo no início do turno de trabalho. As manutenções eram realizadas consoante o *check-list*. Com o equipamento desmontado, o técnico responsável realizava uma nova avaliação mais detalhada do estado das peças e componentes que não foram possíveis avaliar num primeiro momento e, se necessário, substituía ou reparava as mesmas. Então, o técnico repassava a informação ao estagiário para providenciar o material necessário, que poderia ser realizado junto ao armazém da manutenção ou via contato direto com os fornecedores.

3ª Etapa *CHECK*: Após execução da manutenção, a máquina era entregue à produção. O responsável de produção era responsável por validar a manutenção preventiva realizada, e então arrancar com o equipamento. Após arranque, o desempenho do equipamento era acompanhado.

4ª Etapa *ACT*: Finalização das atividades de manutenção com a realização dos ajustes finos necessários, identificados na terceira etapa do processo. Após finalização dos trabalhos, o responsável fechava a O.T. no sistema informático, informando os trabalhos realizados, e quando aplicável, apontava informações complementares, como por exemplo: estado de desgaste das peças; alguma anomalia apresentada ou mau funcionamento, de modo a gerar maior histórico para auxiliar na próxima ação de manutenção preventiva.

3.3.1 Início das atividades de manutenção preventiva

Após reunião com a Direção da Manutenção, ficou decidido iniciar as atividades de manutenção preventiva pela UAP 4, mais concretamente pelo grupo de máquinas de conformação de arame (Tecnologias e Dorcas).

A proposta teve como objetivo a introdução deste novo modelo de gestão na cultura da empresa, e conseguir ter melhor controlo das atividades a serem realizadas e o método de trabalho adotado para que, após a validação deste, o mesmo se estendesse a todos os restantes ativos da UAP 4.

AÇÕES DE MELHORIAS

4.1 Ações de melhoria aplicadas

4.2 Ações de melhoria urgentes nos moldes de injeção

4.3 Resolução de problemas com colunas de sustentação

4 DESENVOLVIMENTOS E RESULTADOS

4.1 Tempestade de ideias para identificação de problemas

A seguir a análise de causa efeito, em ação conjunta com o gestor da manutenção e equipa técnica, foi realizada uma análise através de *brainstorming*, onde foram avaliadas as fragilidades e identificados diversos problemas existentes nos processos internos, os quais eram evidentes na execução do planeamento de manutenção anteriormente implantado, Tabela 20.

Tabela 20 – Problemas apresentados relativos ao não cumprimento do PMP.

Descrição	Problema apresentado
Manutenção / Planeamento	<ul style="list-style-type: none">• Planeamento desajustado relativamente ao orçamento;• Falta de um planeamento de manutenção preventiva para os robôs manipuladores das Máquinas de Injeção de Plástico.
Equipa técnica	<ul style="list-style-type: none">• Necessidade de aumentar o número de elementos da equipa técnica;• Melhor definição das responsabilidades de cada elemento;• Capacitação dos elementos;• Falta de cronograma com disponibilidade dos elementos para os trabalhos nos finais de semana.
Equipamento	<ul style="list-style-type: none">• Necessidade de manutenção de melhorias;• Necessidade de diversas ações de melhorias nas Máquinas de Injeção de Plástico.

4.1.1 Problemas principais/graves apresentados

Considerando os problemas anteriormente identificados, foram definidos os principais problemas graves, de modo a iniciar um plano de ação visando solucionar os mesmos. Assim sendo, os problemas foram identificados por grupos de equipamentos, Tabela 21.

Tabela 21 – Problemas principais/graves apresentados.

Grupo de equipamentos	Descrição dos problemas apresentados
Conformação de Arame (CNC)	<ul style="list-style-type: none"> Máquinas com necessidade de substituição de peças de desgaste com alto custo associado.
Linhas de Montagem (<i>Suspension Mat</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Falta de um planeamento de ações de melhorias e manutenção preventiva; Necessidade de, no mínimo, dois elementos para execução das atividades.
Máquinas de Injeção de Plástico	<ul style="list-style-type: none"> Problemas reincidentes com colunas de sustentação do fecho do molde partidas; Problemas reincidentes após manutenção preventiva realizada por fornecedor externo; Necessidade de manutenção de melhoria para evitar mal funcionamento e desgaste desnecessário de peças; Falta de planeamento de manutenção para os robôs manipuladores; Falta de <i>check-list</i> com as atividades de manutenção para os robôs manipuladores; Necessidade de formação a um elemento da casa para liderar este grupo de máquinas; Melhoria na gestão e acompanhamento das atividades executadas por meio de fornecedor externo.

Após uma primeira análise para detecção dos problemas apresentados no DMI (Departamento de Manutenção Industrial), a direção, reunida com os elementos do DMI realizou uma análise SWOT, com a finalidade de identificar os pontos positivos e negativos, pontos estes que se traduzem em ameaças e oportunidades, Figura 19.



Figura 21 – Análise SWOT do Departamento de Manutenção da Ficocables Lda.

Na etapa a seguir à análise SWOT, as tarefas são filtradas e avaliadas, de modo a identificar as ameaças e oportunidades apresentadas, e dar início a um plano de ação. Nesta fase, a experiência da equipa técnica, assim como dos responsáveis do DMI, foram de extrema importância.

4.1.2 Levantamento dos principais problemas apresentados no Módulo de Injeção de Plástico

Com vista a quantificar os principais problemas apresentados no Módulo de Injeção de Plástico, foi então feito um levantamento ao histórico de avarias, tendo sido possível identificar o *top* de avarias, Figura 20.

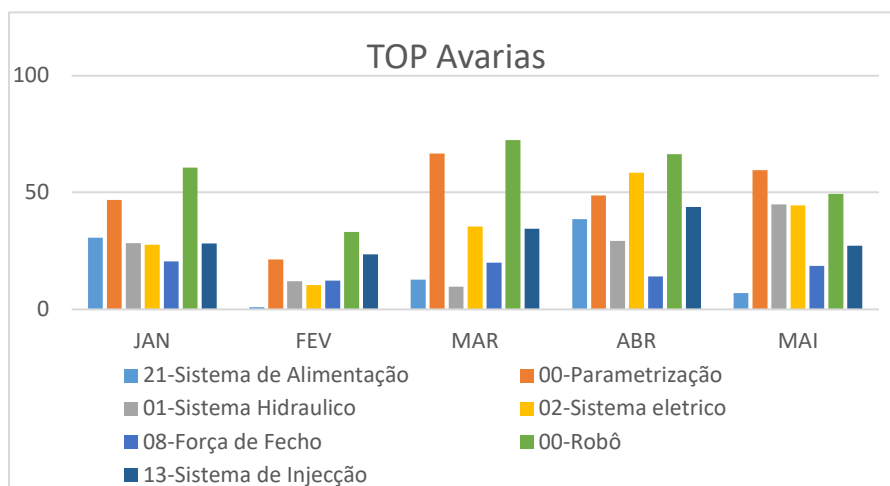


Figura 22 – Top avarias do Módulo de Injeção de Plástico.

O top de avarias apresentado na Figura 20 engloba um período de janeiro a maio de 2019. A partir do levantamento realizado, as ações de melhorias e de manutenção preventiva puderam ser ajustadas de modo a focar nos principais problemas apresentados, visando reduzir esses valores apresentados.

4.1.3 Necessidade de melhorias

Com base nos problemas inicialmente identificados, deu-se início a um plano para reestruturação do Departamento de Manutenção, uma vez que todos os setores abaixo citados estão diretamente ligados ao Departamento de Manutenção. A Tabela 22, apresenta os setores a serem melhorados.

Tabela 22 – Pontos com necessidade de melhorias

Área	Necessidade de melhorias
Armazém	<ul style="list-style-type: none"> • Melhor controle e gestão das peças de reposição; • Definir artigos prioritários para compra; • Ajuste da equipa e distribuição de atividades entre os elementos.
Sistema de Manutenção Assistida por Computador	<ul style="list-style-type: none"> • Informação fiável do histórico dos equipamentos; • Gestão dos equipamentos no sistema (cadastro e localização); • Indicadores de desempenho fiáveis; • Informações desorganizadas e disponíveis em mais de uma fonte.
Gestão / Planeamento	<ul style="list-style-type: none"> • Ajuste da manutenção preventiva com o planeamento da produção; • Extrair informações dos problemas diários apresentados; • Reduzir custos com manutenção corretiva; • Priorização das ações em função da importância dos equipamentos; • Controlo das manutenções executadas por fornecedores externos.
Plano de Manutenção Preventiva	<ul style="list-style-type: none"> • Definir atividades da manutenção preventiva focada nos problemas mais frequentes; • Definição da criticidade dos ativos; • Garantir peças de reposição para substituição no dia da intervenção; • Ajuste ao <i>check-list</i> de atividades consoante o equipamento.
Equipe Técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Definição dos elementos conforme a sua disponibilidade; • Formação de novos elementos.

Relativamente aos problemas apresentados na Tabela 23, relacionados ao “Sistema de manutenção assistida por computador”. Por decisão da organização, o sistema informático MAC antes utilizado, foi descontinuado em novembro de 2019, já que o novo sistema a ser implantado permite melhores funcionalidades, organização dos dados e maior fiabilidade nos dados obtidos para o histórico dos equipamentos, uma vez que este está ligado direto às linhas de montagem. Até à data de entrega deste trabalho, o novo sistema informático MAPEX, encontra-se em fase de implantação.

4.1.4 Apresentação de Possíveis Soluções

Após a análise e identificação dos pontos a serem trabalhados no DMI da empresa, foram apresentadas possíveis soluções para reestruturação do DMI. A Tabela 23 apresenta a metodologia de abordagem para as possíveis soluções dos problemas identificados.

Tabela 23 – Possíveis soluções

Área	Possíveis soluções
Gestão / Planeamento	<ul style="list-style-type: none"> • PMP focado na fiabilidade dos equipamentos; • Ajustar o PMP com a produção; • Ajuste e melhor gestão do plano de manutenção corretiva programada; • Ajuste das atividades e gestão dos fornecedores externos, responsáveis pelas manutenções preventivas; • Implementação de indicadores de desempenho, de modo a analisar o comportamento de cada ativo; • Definição de elementos responsáveis pela atualização da localização dos equipamentos no sistema informático, consoante mudanças realizadas.
Equipa Técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Definição da equipa técnica responsável pela manutenção preventiva, consoante disponibilidade; • Definição de um líder para cada grupo de máquinas; • Formação de novos elementos.
Armazém	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do <i>stock</i> em excesso, manter em <i>stock</i> apenas materiais, peças e ferramentas necessários; • Definição de máximos e mínimos das peças de reposição; • Realização de inventário total e criação de rotina de inventário parcial mensal; • Ajuste da equipa e distribuição das tarefas entre os elementos.

4.1.5 Plano de Manutenção Preventiva (PMP) da Ficocables Lda.

Para desenvolvimento deste trabalho, a UAP 4 (Unidade Autónoma de Produção) foi a escolhida como estudo de caso. O PMP foi elaborado para todos os equipamentos da UAP 4, visando reduzir o número de intervenções para manutenção corretiva, visto que apresentava um alto número de paragens para manutenção corretiva não programada, muitas delas apresentando problemas reincidentes. Para melhor estruturação e divisão das atividades, os equipamentos foram separados por grupos, Tabela 24.

Tabela 24 – Grupos de equipamentos da UAP 4.

UAP	Grupo de equipamentos
UAP 4	<ul style="list-style-type: none"> • Linhas de Montagem <i>Suspension Mat</i>; • Injeção de Plástico; • Corte e Conformação de Arame (Tecnologias e Dorcas); • Conformação de Arame (CNC).

Para cada grupo de máquinas, foi destinado um técnico para liderar o projeto, onde o mesmo, além de realizar parte das manutenções, também seria o responsável por acompanhar os demais trabalhos realizados por outros colegas, ficando responsável por dar o *feedback* à Direção da Manutenção.

No decorrer desta secção estão descritas as metodologias aplicadas no desenvolvimento do PMP.

Visando obter um plano bem estruturado e eficiente, foram utilizados conceitos da metodologia TPM e RCM. Deste modo, inicialmente foi realizado um levantamento do histórico de avarias dos equipamentos, onde foram inventariadas as avarias mais frequentes, visando atacar a causa raiz do problema. O levantamento foi feito por grupos de equipamentos, definindo a priorização dos mesmos de acordo com o número de avarias apresentadas, num período de seis meses, de janeiro a julho de 2019.

O plano de manutenção preventiva foi estruturado e dividido nas seguintes etapas, Figura 21.

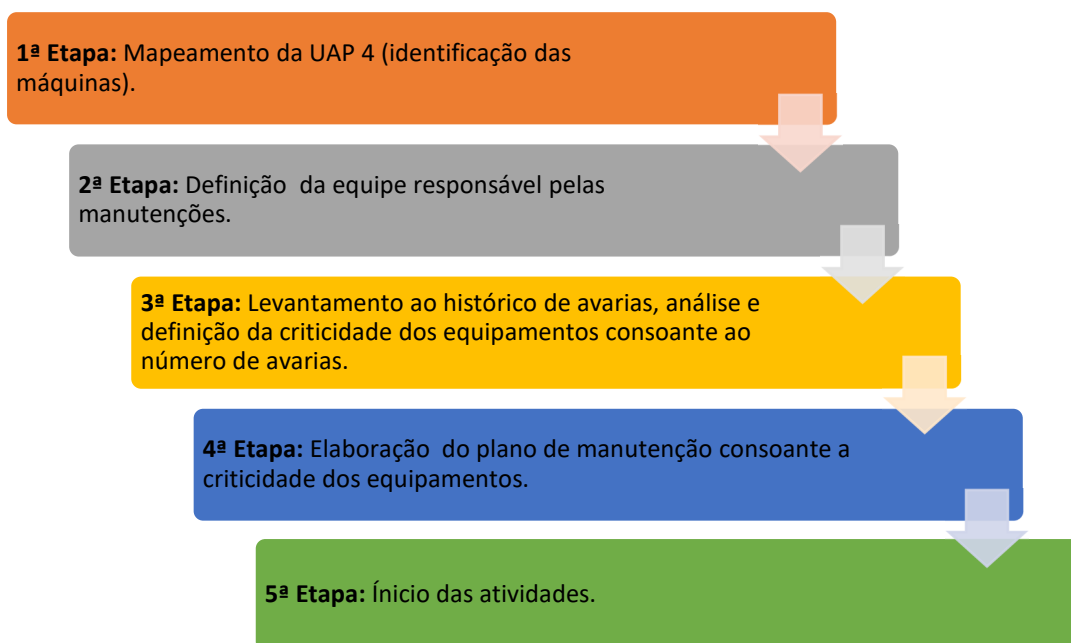


Figura 23 – Etapas do PMP.

4.2 Ações de melhorias aplicadas

Relativamente aos problemas apresentados na Tabela 24, foram tomadas determinadas ações, conforme descrito seguidamente. Em relação às máquinas de conformação de arame (CNC), foi realizado um planeamento de modo a ajustar as ações de manutenção preventiva aos custos associados às peças de desgaste. Nas linhas de montagem (*Suspension Mat*), foi definido um plano de ações de modo a realizar uma manutenção preventiva, dividido pelos postos de trabalho da linha, método que permite melhor ajuste dos custos envolvidos e melhor qualidade nas ações de manutenção, focando na substituição parcial ou completa das peças de desgaste.

Para além do trabalho de planeamento de manutenção preventiva para todos os equipamentos da UAP 4, o presente trabalho teve um maior foco em realizar ações de melhoria nas máquinas de injeção de plástico, tanto no funcionamento do equipamento quanto no planeamento e gestão das atividades executadas por fornecedores externos. Todos os problemas relacionados com estes equipamentos serão abordados ao longo dos próximos subcapítulos.

Como alternativa para os setores que necessitavam de mais elementos para execução das atividades de manutenções, ficou definido junto da Direção do DMI a contratação de trabalho via fornecedor externo para auxiliar nas atividades.

4.2.1 Cronograma para os trabalhos aos sábados

Visando sanar os problemas apresentados relativamente a disponibilidade dos elementos aos finais de semana, foi desenvolvido um cronograma, onde os elementos

indicavam os finais de semana nos quais teriam disponibilidade para trabalhar. O cronograma descrevia uma previsão para 8 semanas de trabalho, Figura 22.

Cronograma dos trabalhos aos sábados 2019								
Elemento	Semana							
	45	46	47	48	49	50	51	52
Elemento 1								
Elemento 2								
Elemento 3								
Elemento 4								
Elemento 5								
Elemento 6								
Elemento 7								
Elemento 8								
Elemento 9								
Elemento 10								
Elemento 11								
Elemento 12								
Elemento 13								
Elemento 14								
Elemento 15								

Figura 24 – Cronograma de disponibilidade dos técnicos para trabalhos aos sábados.

O cronograma da Figura 22 era entregue ao chefe responsável pelo turno da tarde e ao do turno da manhã, para recolher as assinaturas dos técnicos, informando sobre a sua disponibilidade, onde, por norma, cada técnico trabalha no mínimo dois sábados por mês.

4.2.2 Diversas ações de melhorias aplicadas nos equipamentos

No decorrer das atividades de manutenção, diversas melhorias foram realizadas nos equipamentos, onde sobressaía uma delas que foi estabelecida pela Direção do DMI: substituição de todas as peças das máquinas que apresentassem reparações por soldadura, assim como a realização de melhorias no conceito de peças que apresentavam diversas avarias e melhorias, visando aumentar a vida útil de algumas peças de desgaste. Da Figura 23 à Figura 27, são apresentadas algumas das diversas melhorias executadas.

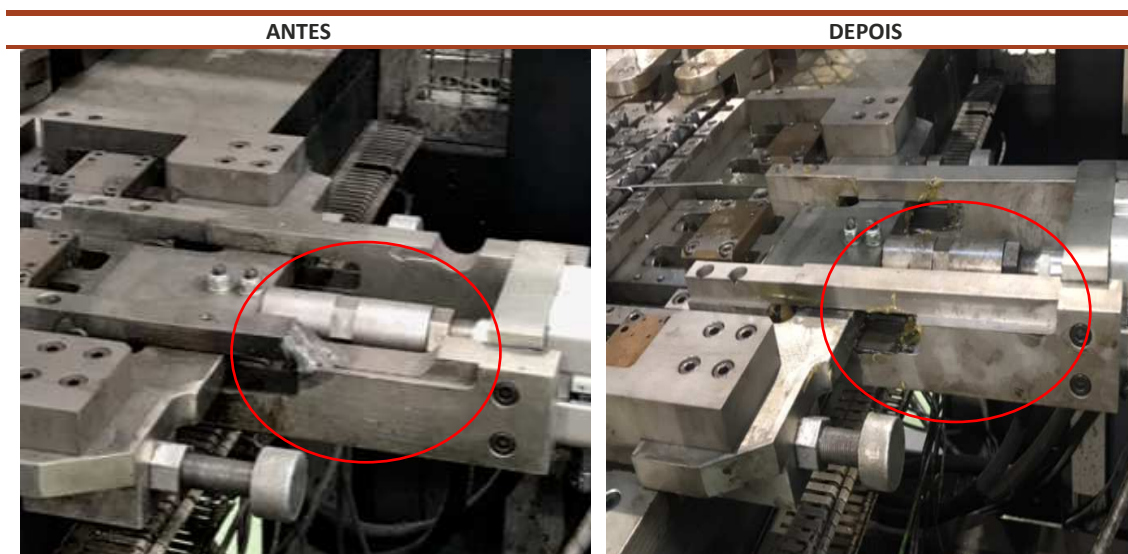


Figura 25 – Melhoria no braço de sustentação do cilindro.

A Figura 23 apresenta o antes e depois, onde, além da substituição da peça com reparação por soldadura, também foi feita uma melhoria visando sanar os problemas recorrentes de fratura da peça. A alteração foi realizada nos pontos conforme o indicado nas imagens. Após alteração e substituição da peça realizada em setembro de 2019, não houve mais nenhum registro de O.T. correspondentes a tal problema.

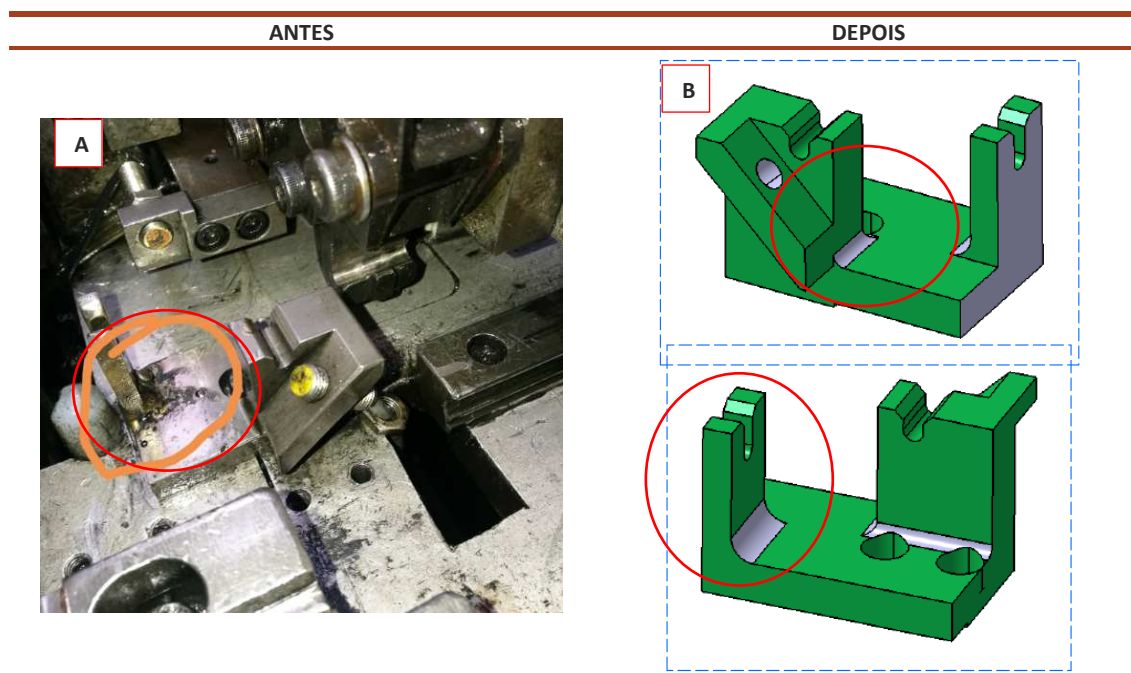


Figura 26 – Melhoria na peça batente da LM IBK DAG.

A Figura 24 apresenta o antes (A) e depois (B), onde, além da substituição da peça com reparação soldada, também foi feita uma melhoria visando sanar os problemas recorrentes de fratura da peça. A alteração foi realizada nos pontos conforme indicado nas imagens. Foram retiradas as arestas vivas e aumentada em 1 mm a parede onde a peça sempre partia. Após alteração e substituição da peça realizada em novembro de 2019, não houve mais qualquer registro de O.T. sobre tal problema.

A Figura 25, apresenta o antes e depois da tampa do posto das espinhas da Linha de montagem do IBK, onde foi feita uma melhoria visando aumentar a vida útil da peça. Uma vez que a peça sofre desgaste pelo atrito gerado pelo contacto com o arame, onde na versão anterior (assimétrica) a peça era descartada após apresentar desgaste, na segunda versão (simétrica), após melhoria realizada, a peça pode rodada e montada numa nova posição, utilizando o outro lado e assim duplicando a vida útil da mesma. O custo de produção da versão assimétrica é de €110 e a versão simétrica é de €120.

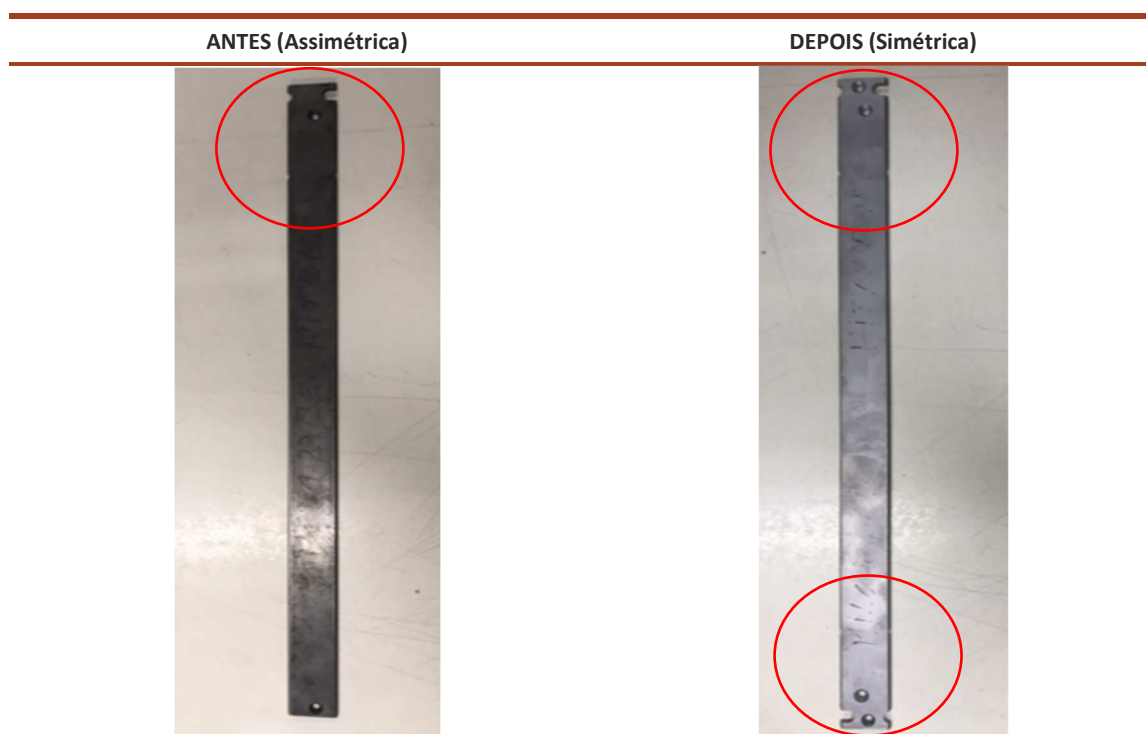


Figura 27 – Melhoria nas tampas do posto das espinhas da LM IBK.

A Figura 26, apresenta o antes e depois da tampa do posto dos castelos da L.M. IBK. A peça sofreu algumas alterações no seu conceito, tendo sido removidas as arestas vivas por um raio de 2 mm, diminuição na profundidade da caixa dos parafusos e colocação de batente para evitar que a região de contacto seja na zona da rosca. Após alteração e substituição da peça realizada em dezembro de 2019, não houve mais qualquer registo de O.T. para tal problema. Após se observar que o novo conceito apresentou resultados positivos, este foi estendido para os demais equipamentos que usam a mesma peça, ou um com o conceito idêntico.

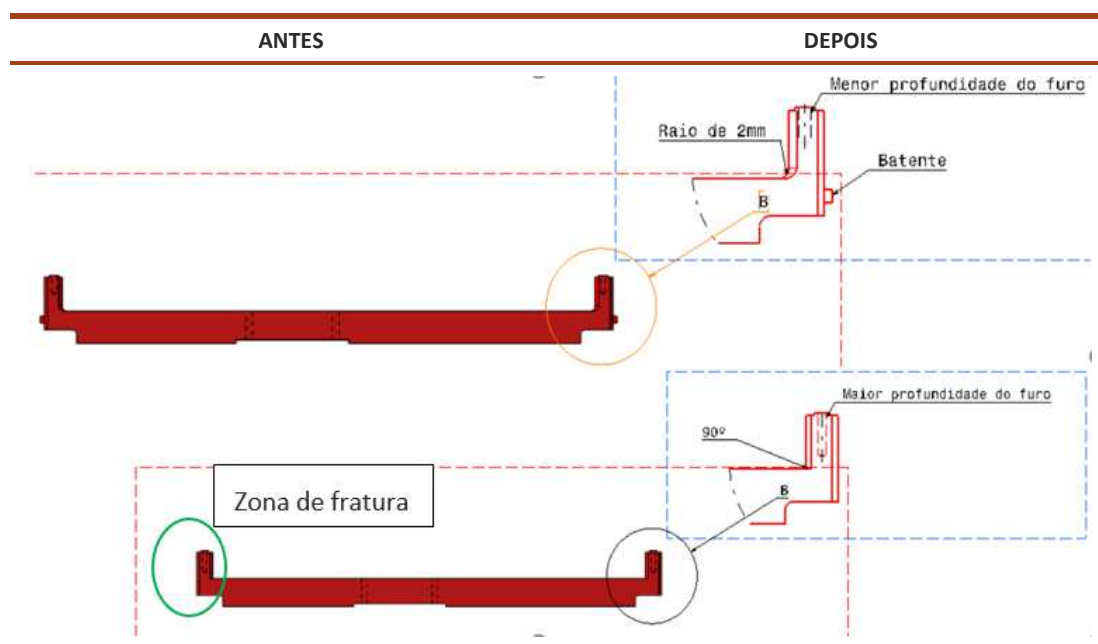


Figura 28 – Melhoria em peça do posto dos castelos da LM IBK.

A Figura 27, apresenta o antes e depois da melhoria no sistema de limpeza dos arames a serem extrudidos: através da aplicação de uma escova em aço capaz de limpar o arame, foi desativado o uso de ar-comprimado, de modo a reduzir os custos. A caixa onde era utilizado o ar-comprimado manteve-se na mesma após a melhoria, mas o ar foi desativado e a mesma caixa foi utilizada para inserir uma segunda escova. Na imagem “DEPOIS” é possível observar que existem duas escovas, uma logo após a bobina e outra na caixa após a tina de água, que por sua vez também foi desativada. Esta alteração poupou o uso de água e ar-comprimado. O sistema adotado como suporte da escova permite uma fácil limpeza e *setup* da máquina para troca de produto/material.

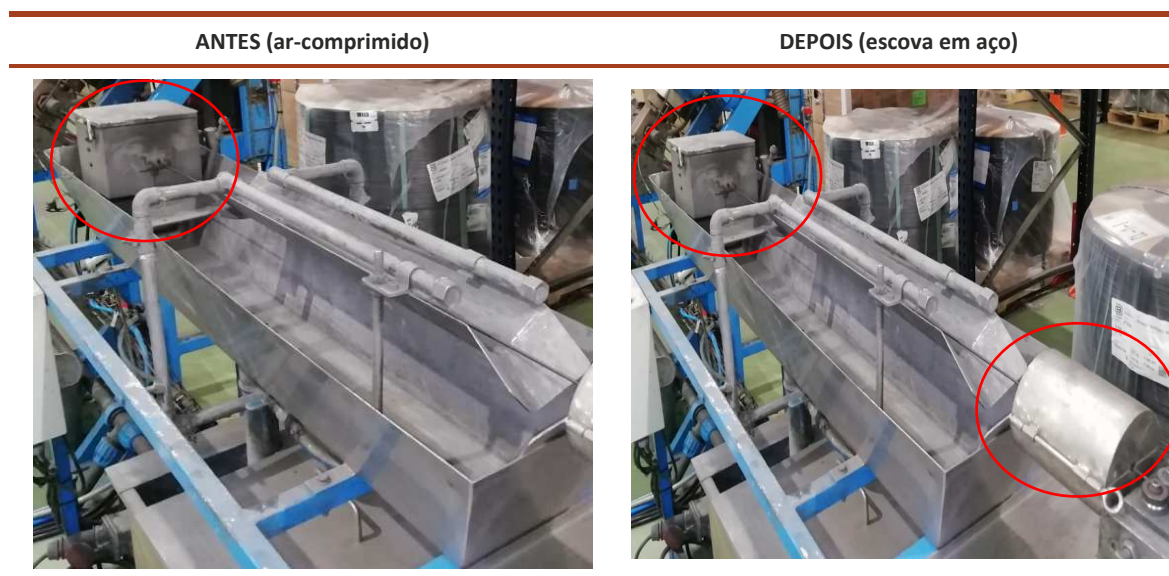


Figura 29 – Melhoria no sistema de limpeza do arame.

4.3 Ações de melhorias urgentes aplicadas ao Módulo de Injeção de Plástico

Tendo em consideração os problemas apresentados relativamente às Máquinas de Injeção de Plástico, decidiu-se iniciar um plano de ação com vista a sanar os mesmos. A partir deste ponto, o presente trabalho descreve todas as ações de melhorias realizadas para as máquinas de injeção de plástico, onde foi decidido junto com o Diretor do Departamento de Manutenção a concentração dos trabalhos do estagiário, com maior foco neste grupo de máquinas. As melhorias aplicadas neste módulo, tiveram como objetivo a resolução de problemas existentes e ações para evitar novos possíveis problemas, relacionados ao funcionamento e/ou segurança operacional.

4.3.1 Funcionamento do Módulo de Injeção de Plástico

O módulo de injeção de plástico da FicoCables presente na UAP 4, atualmente é composto por 24 máquinas de injeção de plástico, Figura 28. Estas estão divididas em duas filas, com 12 máquinas cada. Em cada célula de fabrico estão duas máquinas de

injeção, posicionadas uma frente à outra, onde normalmente trabalha um único operador.



Figura 30 – Módulo de injeção de plástico da UAP 4.

Há dois modelos de máquinas utilizadas neste módulo, são elas as da marca e modelo, MultiPLAS V4-SD 160T e a TAYU TY-400H, ambas de injeção vertical. Para tal estudo, foram selecionadas as máquinas MultiPLAS V4-SD 160T, devido ao facto de serem as máquinas com mais necessidades de melhorias. Estas utilizam moldes para o fabrico dos sistemas de conforto, onde estes são compostos por molde e meio, ou seja, uma parte superior chamada de cavidade, que é fixada na cabeça da máquina onde é localizado o fuso, e duas partes inferiores fixadas na mesa deslizante da máquina, denominadas de bucha, Figura 29.

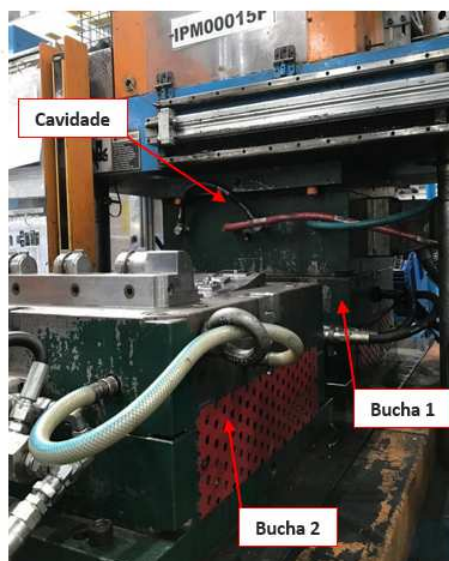


Figura 31 – Máquina de Injeção de Plástico MultiPLAS V4-SD 160T e elementos do molde.

Esta configuração da máquina com duas buchas (parte inferior do molde), permite maior capacidade de produção. O processo de injeção inicia-se pela colocação dos arames numa das buchas. Após a introdução dos arames pelo operador, é acionado o mecanismo responsável pelo deslocamento da mesa, levando a bucha até ao centro da máquina onde, alinhada com a cavidade (parte superior do molde), será realizada a injeção de plástico no molde. Toda esta operação tem um ciclo estimado entre 20 e 25 segundos, valor que pode variar consoante o molde utilizado, Figura 30.

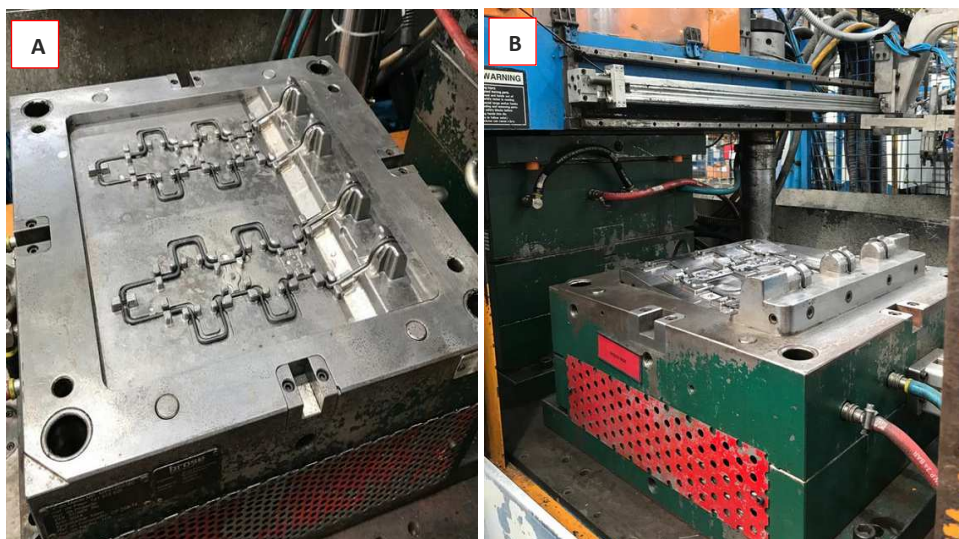


Figura 32 - Processo de injeção de plástico dos sistemas de conforto.

A seguir à injeção, a peça é extraída da bucha pelo sistema de extração da máquina, composto pelos robôs manipuladores, onde os mesmos deslocam as peças até um tapete rolante, para que estas sigam até uma caixa e sejam analisadas posteriormente no posto de seleção, Figura 31.



Figura 33 - Sistema de extração das peças produzidas.

Neste processo de injeção, onde podem ser utilizadas duas matérias-primas, o polipropileno (PP) e o polioximetileno (POM), e pode ainda conter fibra de vidro, que é introduzida como reforço, consoante o tipo de produto a ser produzido. Caso haja a necessidade de um produto final na cor preta, um pigmento preto deve ser adicionado à matéria-prima. A matéria-prima é armazenada em reservatórios e segue por condutas até às máquinas de injeção, Figura 32.

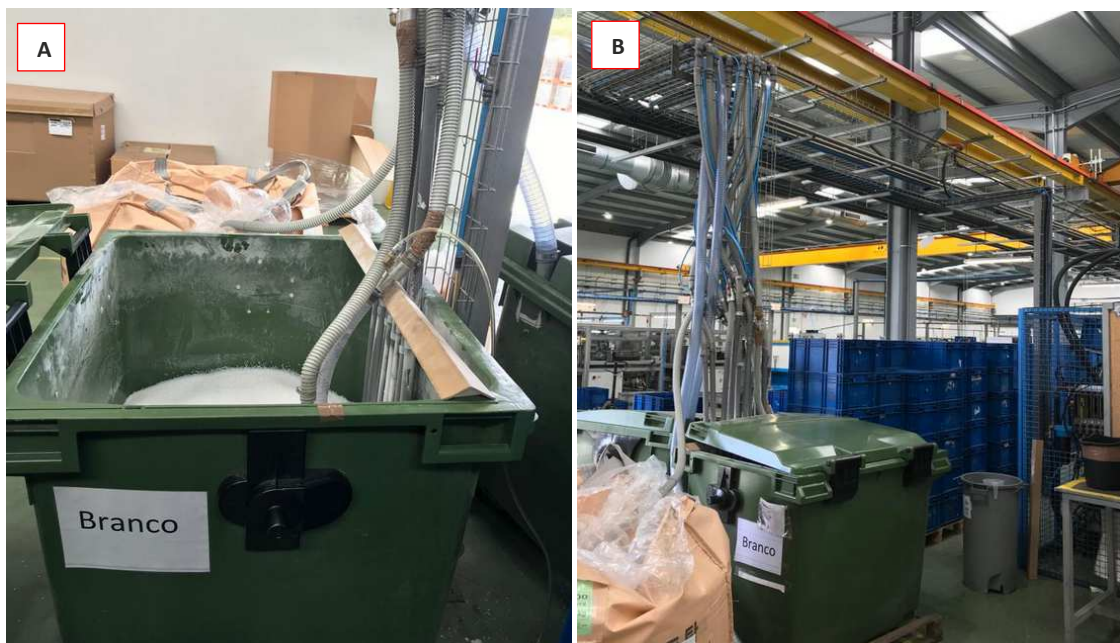


Figura 34 – Sistema de alimentação das máquinas de injeção.

As condutas estão ligadas ao sistema de tremonhas que tem a capacidade puxar o material presente nos reservatórios e de armazenar parte dele em seu compartimento, a Figura 33 apresenta um dos 3 modelos de tremonha atualmente utilizados nas máquinas de Injeção de Plástico.



Figura 35 – Sistema de tremonha para alimentação das Máquinas de Injeção.

4.3.2 Plano de Manutenção Preventiva e Execução das Atividades para as máquinas de Injeção de Plástico

Devido às necessidades de melhoria que foram identificadas anteriormente para as máquinas de injeção de plástico, estas tiveram que passar por uma reestruturação dos processos que nelas vinham sendo aplicados. Para tal, foi elaborado um plano de ação visando atacar todos os problemas apresentados, tanto para a máquina em si, como para os componentes e equipamentos a ela associados.

O plano de ação para as atividades relacionadas ao módulo de injeção de plástico da FicoCables foi estruturado da forma apresentada na Figura 34. As ações de melhoria tiveram início pela retificação ao contrato com o fornecedor externo de manutenção, responsável pela manutenção da parte hidráulica do equipamento. O contrato foi alterado, onde foi reduzido de dois para um técnico externo, e o mesmo substituído por um técnico da empresa, que recebeu formação necessária para execução das atividades e nomeado como técnico líder das máquinas de injeção de plástico.

A alteração permitiu uma redução nos custos, maior controlo das atividades realizadas pelo fornecedor e maior *feedback* das mesmas à Direção da Manutenção por parte do elemento da casa.

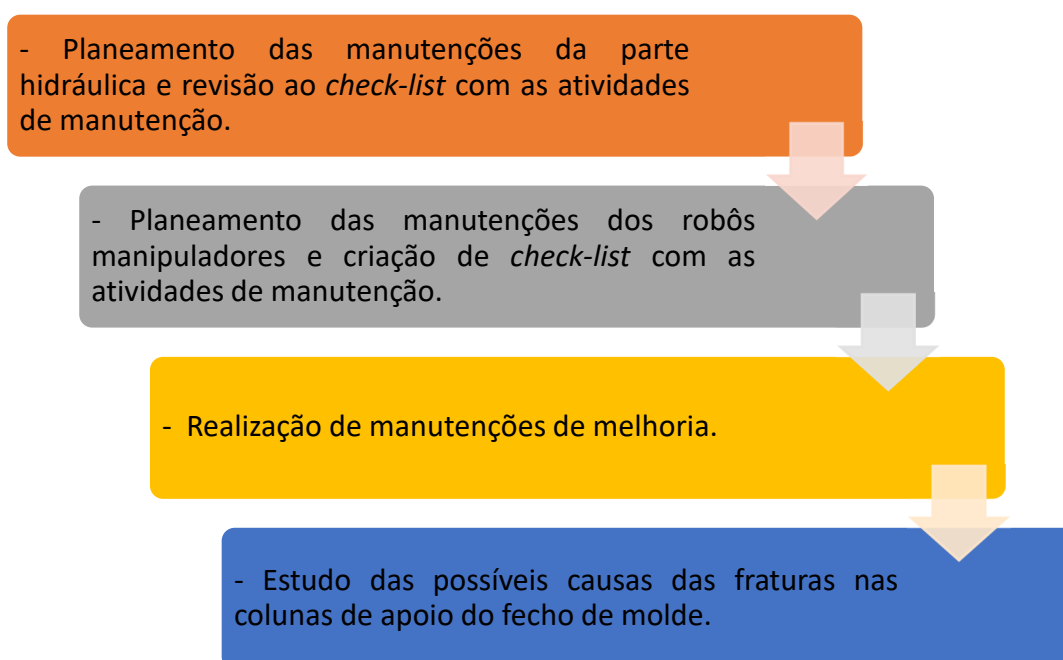


Figura 36 – Estrutura do plano de ação para as máquinas de injeção de plástico.

Visando sanar os problemas recorrentes que apareciam após as intervenções, foi realizada uma análise ao *check-list* com as atividades de manutenção, relacionando o trabalho realizado com o problema apresentado após manutenção, como por exemplo: fugas de óleo, colunas partidas. O facto de as colunas partirem, pode também ter

influência com o desaperto que ocorre durante um tempo de trabalho. Assim sendo, então foi estipulado a checagem e reaperto destas a cada intervenção para manutenção preventiva (semestral e anual). Após realizadas as análises, foram feitas as alterações necessárias ao *check-list*. Com a revisão ao *check-list*, as atividades passaram a exigir mais um dia para execução das mesmas. Assim sendo, foi necessário acordar com a produção a programação das atividades, de modo a garantir o tempo necessário para execução destas.

Além da manutenção na parte hidráulica do equipamento realizada por fornecedor externo, as máquinas de injeção de plástico contam com um sistema de extração acoplado a elas com dois robôs manipuladores em cada uma delas, Figura 35, sendo necessário um planeamento individual para execução das manutenções semestrais, onde é necessária a realização de manutenções nos componentes mecânicos e elétricos. Estas atividades ligadas ao robô são realizadas sob responsabilidade de outra equipa.

Após a identificação da necessidade de um planeamento de manutenção preventiva aos robôs, identificou-se também a necessidade de ter um *check-list* com os pontos de verificação relativas a estas atividades. Então, após reunião conjunta com o técnico responsável pelas máquinas de injeção de plástico e outros técnicos de manutenção com conhecimento no equipamento, foi desenvolvido um *check-list* com as atividades a serem realizadas, Figura 36.

O *check-list* era entregue ao técnico responsável pela manutenção no início do turno de trabalho, onde, no final das atividades, era apontado por ele os pontos conformes e não conformes. Deste modo, era possível obter um histórico mais pormenorizado sobre as condições do equipamento.

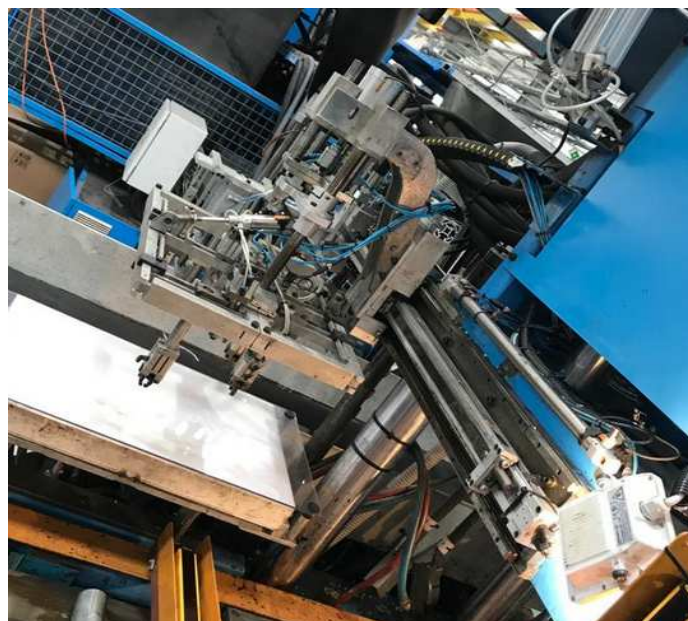


Figura 37 – Robô manipulador das máquinas de injeção de plástico.

Checklist para manipuladores - Numero da máquina :		Data: / /
1	VERIFICAR A EXISTENCIA DE FUGAS DE AR (PINÇAS E CALHA DO CILINDRO PRINCIPAL) - REPARAR OU SUBSTITUIR	
2	VERIFICAR O ESTADO DAS PINÇAS (CASO ESTEJAM PARTIDAS, REPARAR OU SUBSTITUIR)	
3	VERIFICAR SE OS AMORTECEDORES ESTAO OK (CASO NÃO OFEREÇAM RESISTENCIA; SUBSTITUIR)	
4	VERIFICAR SE O AMORTECEDOR ESTA A FAZER O CURSO COMPLETO (CASO ESTEJA; AFINAR BATENTE DE FORMA A NÃO DEIXAR O MESMO FAZER TODO O CURSO - 2 mm ANTES DE TERMINAR)	
5	VERIFICAR SE O CILINDRO PRINCIPAL CORRE LIVREMENTE SOBRE A FITA E SE O CARRO TEM FOLGAS (CASO NÃO ESTEJA; AVALIAR ESTADO DA FITA OU DESGASTE DO CILINDRO) - REPARAR OU SUBSTITUIR A FITA	
6	VERIFICAR SE O CILINDRO PRINCIPAL CORRE LIVREMENTE SOBRE AS GUIAS (CASO NÃO ESTEJA; AVALIAR ESTADO DAS GUIAS OU DOS CARROS) - SUBSTITUIR SE NECESSARIO	
7	VERIFICAR SE AS PINÇAS CORREM LIVREMENTE NO CASO DE AFINAÇÃO (ELIMINAR NEGATIVOS DO ROBOT E RETIFICAR CAMINHOS AMASSADOS)	
8	VERIFICAR E REPARAR SE NECESSARIO AS ROSCAS DE APERTO DAS PINÇAS E COLOCAR NOVOS PARAFUSOS	
9	VERIFICAR A EXISTENCIAS DE U'S DE AÇO NA FIXAÇÃO DAS PINÇAS (CASO NÃO EXISTA; APLICAR)	
10	VERIFICAR SE O BRAÇO FIXADOR DO ROBOT ESTÁ PRESO PELOS PARAFUSOS NECESSÁRIOS (6 PARAFUSOS COM ANILHA DE AÇO; CASO NÃO ESTEJA, APLICAR)	
11	CASO O ROBOT POSSUA LAGARTAS, VERIFICAR O ESTADO DAS MESMAS - SE NÃO TIVER APLICAR	
12	VERIFICAR APERTO TOTAL DOS PARAFUSOS E GUIAS	
13	EXECUTAR NOVAS FURAÇÕES NAS BASES DAS PINÇAS - OBJECTIVO REFORÇAR A ROBUSTEZ DOS MANIPULADORES	
14	SUBSTITUIR BASES VERTICAIS DO MANIPULADOR POR BASES EM AÇO	
15	VERIFICAR SE TODOS OS CABOS E TUBOS PNEUMATICOS SÃO CONDUZIDOS NO INTERIOR DA LAGARTA (CASO NÃO ESTEJAM APLICAR)	
16	RETIRAR CABOS E TUBO EM EXCESSO	
17	RETIRAR A FOLGA EXISTENTE NAS PEÇAS QUE LIGAM CILINDRO VERTICAL AO MANIPULADOR EM CONCEITO SANDUICHE	
18	VERIFICAR E AFINAR SE NECESSARIO A AFINAÇÃO DAS PINÇAS PARA NÃO BATER NO VIDRO	
19	ALTERAR O CONCEITO DE APERTO DAS GUIAS MANIPULADOR COM RASGO DO OUTRO LADO	
20	SUBSTITUIR BASES EM AÇO DE FIXAÇÃO DO MANIPULADOR	
21	LIMPAR/LUBRIFICAR	
Assinatura do técnico:		Assinatura do supervisor:

Figura 38 – Check-list para manutenção dos robôs manipuladores das máquinas de injeção de plástico.

4.3.3 Manutenções de melhoria aplicadas

Nos subcapitulos a seguir, serão apresentadas as diversas ações de melhorias aplicadas nas máquinas de injeção de plástico.

As melhorias aplicadas neste grupo de máquinas, tiveram como objetivo a melhoria do seu funcionamento, melhorias para evitar avarias frequentes (aumento da vida útil de peças e componentes) e melhorias na segurança que visam a segurança operacional, além de melhoria no layout das máquinas que contam com diversos equipamentos auxiliares que foram acrescentados.

4.3.3.1 Manutenções de melhoria aplicadas em sistemas que envolvem o bom funcionamento e segurança operacional

Nas máquinas de injeção de plástico são frequentemente realizados *setups* para substituição dos moldes, facto este que pode causar um grande desgaste dos parafusos que prendem o molde na máquina. Estes parafusos quando partem, geram um grande risco a segurança do operador, devido ao facto que o molde pode se desprender da máquina e cair, além de gerar um maior tempo de reparo, pela dificuldade em remove-lo após estar partido.

A solução apresentada para este eventual problema, foi a definição do tempo de utilização destes parafusos, onde foi definido a troca destes a cada mês, sendo estes identificados em cores diferentes a cada troca (amarelo e azul). O custo para a substituição total dos parafusos é de €60, valor muito inferior ao que seria para a

reparação de uma máquina parada a reparação deste eventual problema. O novo procedimento adotado para este problema apresentou bons resultados, onde não houve mais nenhuma O.T. para este tipo de repaço. A Figura 37, apresenta o parafuso aplicado na máquina, assim como o outro em *stock* a ser aplicado.



Figura 39 – Parafuso de fixação do molde (amarelo em uso/azul a ser aplicado).

As MultiPlas V4-SD 160T, contam com um sistema de segurança para evitar o fecho involuntário do molde em caso de alguma falha do equipamento. Este sistema conta com um veio na lateral da máquina, onde este tem cavidades para que encaixe da cunha de segurança, que é acionada por um cilindro pneumático. O facto deste cilindro realizar seu acionamento com elevada força, resulta em um desgaste prematuro na rosca do mesmo (circulado a vermelho). Visando sanar este presente problema, então foi desenvolvido um suporte para auxiliar na fixação do cilindro, eliminando assim toda a carga na região da rosca do cilindro, que é em alumínio. Para melhor entendimento, Figura 38.

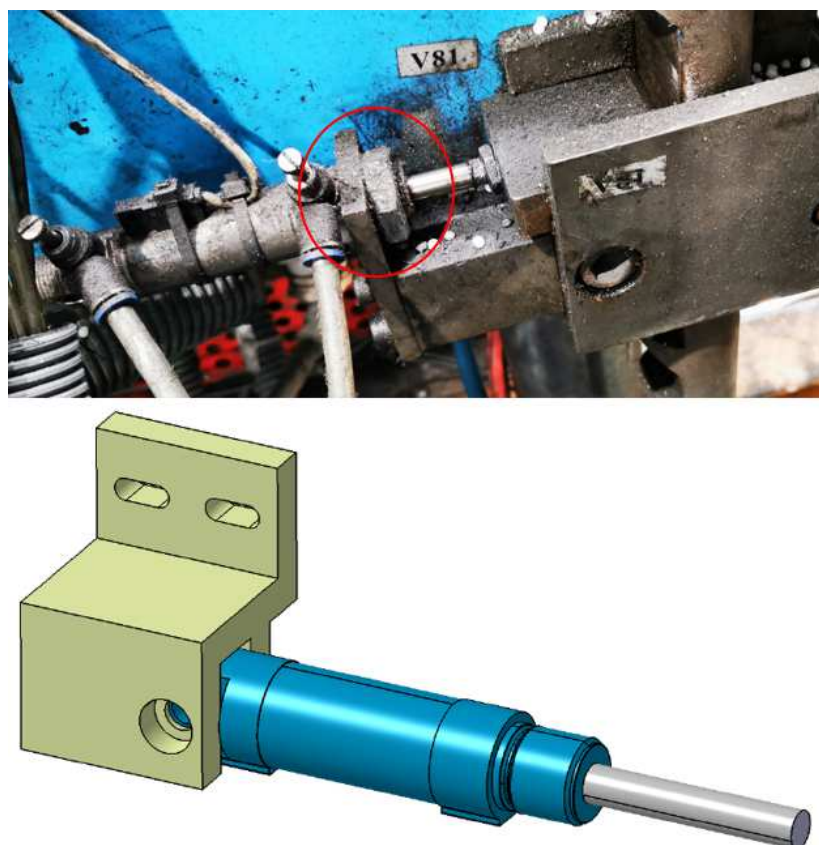


Figura 40 – Suporte do cilindro para cunha de segurança da MultiPlas.

A Figura 38, apresenta o antes e depois (projeto) da cunha de segurança, onde ao fim deste trabalho a aplicação do suporte estava ainda em curso. A utilização do suporte permite aumentar a vida útil do cilindro, mesmo aos que tiveram a rosca toda danificada, e o mais importante é o facto de garantir o bom funcionamento, uma vez que fixado no suporte este permanece na posição de trabalho correta, garantindo total segurança ao operador.

4.3.3.2 Manutenções de melhoria nas tremonhas para melhorar o setup na injeção de peças na cor preto ou branco

Conforme mencionado no subcapítulo 3.5.1, as máquinas de injeção podem injetar peças em diferentes tipos de material, como por exemplo, polipropileno (PP) ou polioximetileno (POM) na cor preto ou branco. Devido a esta necessidade, e sabendo que a máquina trabalha com apenas uma tremonha, este facto gerava um certo desperdício de material e maior tempo na realização do *setup* para troca deste. Então, com base na filosofia SMED, foi desenvolvido um novo conceito para utilização de duas tremonhas, que apresenta melhor setup, economia de material e, por consequência, evitava falhas no processo, Figura 39.



Figura 41 – Novo sistema com duas tremonhas para utilização de materiais distintos.

O conceito pensado foi a criação de uma conexão em forma de bifurcação, capaz de acoplar as duas tremonhas, onde cada uma delas conta com uma chave (abre e fecha) para controlar o fluxo de material.

Este novo conceito adotado garante que não vai haver material de cor diferente do que está a ser injetado, pois o método que era utilizado para realizar a troca de material no sistema com apenas uma tremonha, estava sujeito a falhas de não ser limpo por completo o reservatório, e assim acabar por contaminar a injeção do outro material de cor diferente, gerando desperdício de matéria-prima e produção de peças não conformes.

4.3.3.3 Manutenções de melhoria no layout e organização dos tubos de alimentação do plástico

Além das melhorias nas tremonhas, foi também realizada a execução de um suporte para organizar melhor os tubos de alimentação do plástico, Figura 40. As ações para aplicação destes suportes foram planeadas de modo a serem executadas seis máquinas por mês, ao fim deste trabalho, a aplicação dos suportes estava em curso. Além de apresentar uma vista mais limpa do equipamento, a aplicação do suporte facilita o acesso do técnico aos componentes da máquina caso haja a necessidade de manutenção, e também garante o apoio dos tubos que têm elevado, aliviando a carga que antes era aplicada diretamente na tremonha.



Figura 42 – Novo sistema com suporte para organização dos tubos de alimentação do plástico.

Após aplicação do suporte, foi também realizada a diminuição dos tubos que apresentavam elevado comprimento.

4.3.3.4 *Manutenções de melhoria aplicadas nos robôs manipuladores*

Além da necessidade de um plano de manutenção preventiva para os robôs manipuladores, havia também a necessidade de algumas melhorias. O robô manipulador é alimentado por ar-comprimado e energia elétrica, contando com tubos de ar-comprimado e cabos elétricos, os quais eram guiados por um tubo rígido e robusto para essa aplicação. O mesmo era fixado num suporte em aço, onde não apresentava um bom funcionamento devido à necessidade dos movimentos de operação do equipamento, tanto na vertical, como na horizontal, Figura 38.

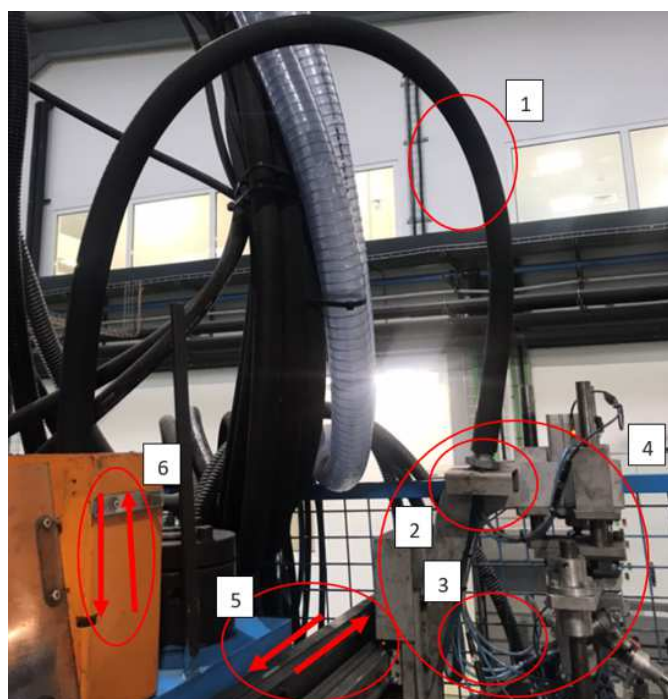


Figura 43 – Imagem de um robô manipulador das Máquinas de Injeção de Plástico (antes da melhoria).

Conforme indicações na Figura 41, segue descritivo:

- 1 – Tubo guia (sem rotação) para tubos de ar-comprimado e cabos elétricos;
- 2 – Suporte de fixação do tubo guia (Zona de fraturas);
- 3 – Tubos de ar-comprimado e cabos elétricos;
- 4 – Robô manipulador;
- 5 – Sentido do movimento na horizontal do robô manipulador;
- 6 – Sentido do movimento na vertical do molde da máquina de injeção de plástico.

Após realizar uma análise ao funcionamento deste equipamento, e constatada a necessidade de melhorias, foi então desenvolvido um novo sistema capaz de desempenhar as funções necessárias, e que fosse durável. Após esta análise, foi apresentada a necessidade a um fornecedor de materiais, responsável pelo fornecimento de materiais, como por exemplo: guias, calhas e outros dispositivos diversos com articulação. Após apresentadas as possíveis soluções, optou-se por adotar a de melhor custo vs benefício, o que resultou na aplicação de calhas articuladas, Figura 39.

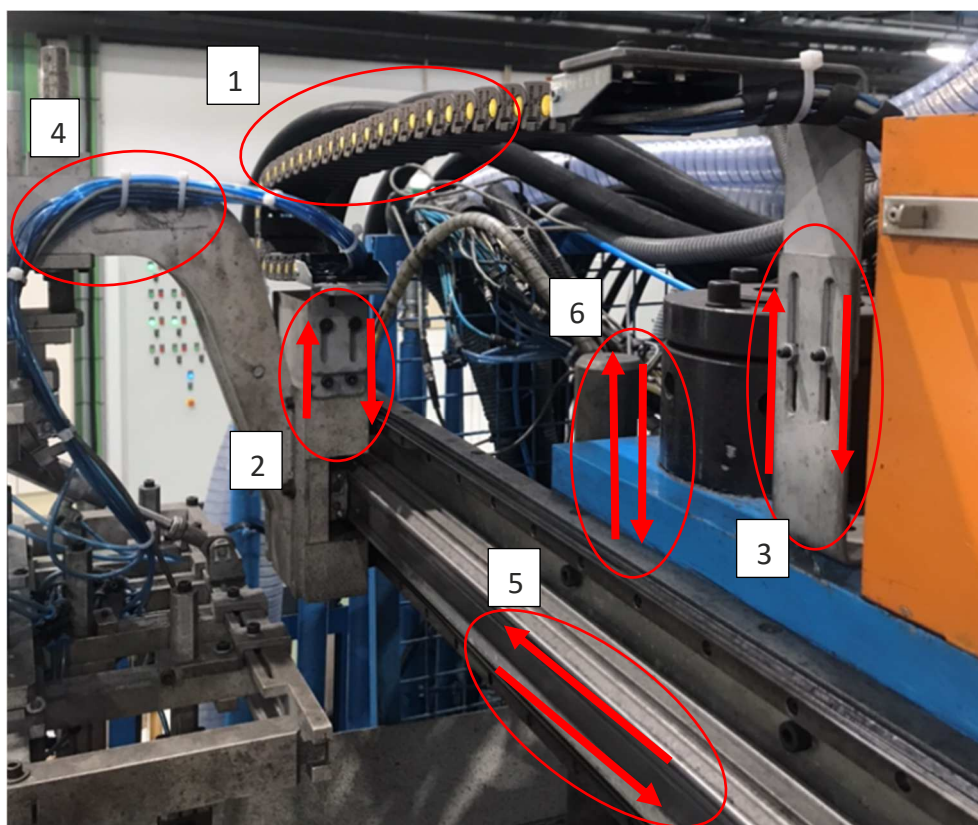


Figura 44 – Imagem de um robô manipulador das máquinas de injeção de plástico (após melhoria).

Conforme indicações na Figura 42, segue abaixo a descrição:

- 1 – Calha articulada para guiar os tubos de ar-comprimado e cabos elétricos;
- 2 – Suporte de fixação da calha, fixado na base do manipulador e com ajuste na vertical;

- 3 – Suporte de fixação da calha, fixado sobre o molde e com ajuste na vertical;
- 4 – Tubos de ar-comprimido e cabos elétricos;
- 5 – Sentido de movimento na horizontal do robô manipulador;
- 6 – Sentido de movimento na vertical do molde da máquina de injeção de plástico.

Em conjunto com o técnico responsável, foi feita uma análise, de modo a identificar os pontos onde o novo sistema poderia impactar positivamente ou negativamente. Então, foi apresentada a necessidade de um sistema que não tivesse interferência na afinação da base do manipulador, uma vez que a base pode ser ajustada verticalmente com um curso aproximado de 100 mm. Assim sendo, foram desenvolvidos dois suportes em chapa de aço com diferentes dimensões, mas ambos capazes de serem ajustados no sentido vertical, conforme ilustrado nos pontos 2 e 3 da Figura 39.

O desenvolvimento do suporte foi realizado em *software* de desenhos 3D, Catia V5, Figura 43. O conceito desenvolvido neste trabalho, foi utilizado no desenvolvimento do projeto da tese de mestrado do colega Robin Penne.

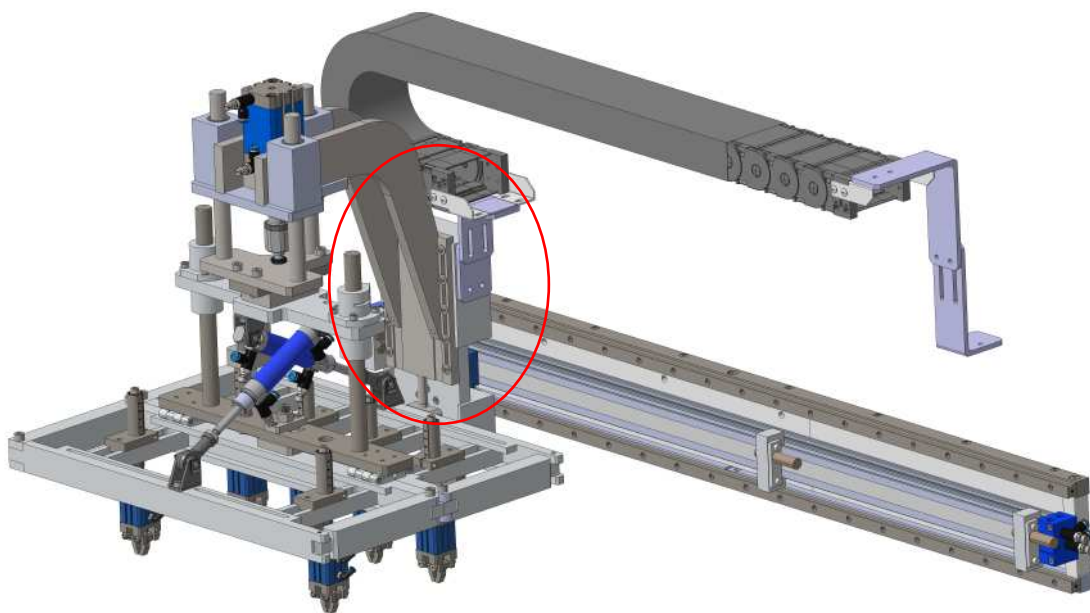


Figura 45 – Projeto 3D de robô manipulador das máquinas de injeção de plástico com calha articulada.

Com a substituição do sistema antigo pelo novo sistema com calhas articuladas, notou-se uma melhoria no funcionamento, não tendo sido registado qualquer caso de avaria, para além do novo modelo aplicado apresentar um melhor *layout*. A aplicação das calhas articuladas, eram realizadas de acordo com o planeamento das manutenções dos robôs manipuladores. O material necessário para a instalação das calhas, assim como as calhas, era encomendado com o fornecedor sempre na semana anterior à data da intervenção programada.

Ainda analisando o robô apresentado na Figura 42, podemos observar uma base em alumínio conectada no cilindro através de um carro linear e responsável pela

sustentação de todo o mecanismo do robô. Esta está sujeita a várias afinações e *setups* realizados consoante o trabalho a ser realizado. Estas bases, feitas em alumínio com o objetivo de reduzir peso, acabavam por apresentar desgastes na região da rosca do parafuso e na região onde a base corre, gerando desgaste na guia devido ao atrito com os parafusos.

A alternativa para solucionar este problema, foi a colocação de helicoil nas zonas de desgaste, Figura 44 e uma chapa em aço temperado na outra base, Figura 45. Assim, foi possível manter as bases em alumínio que apresentam menor peso que uma base em aço, por exemplo. Também pelo facto de poder usar as bases já existentes para realizar as alterações, esta configuração é capaz de ter um maior tempo de vida útil.

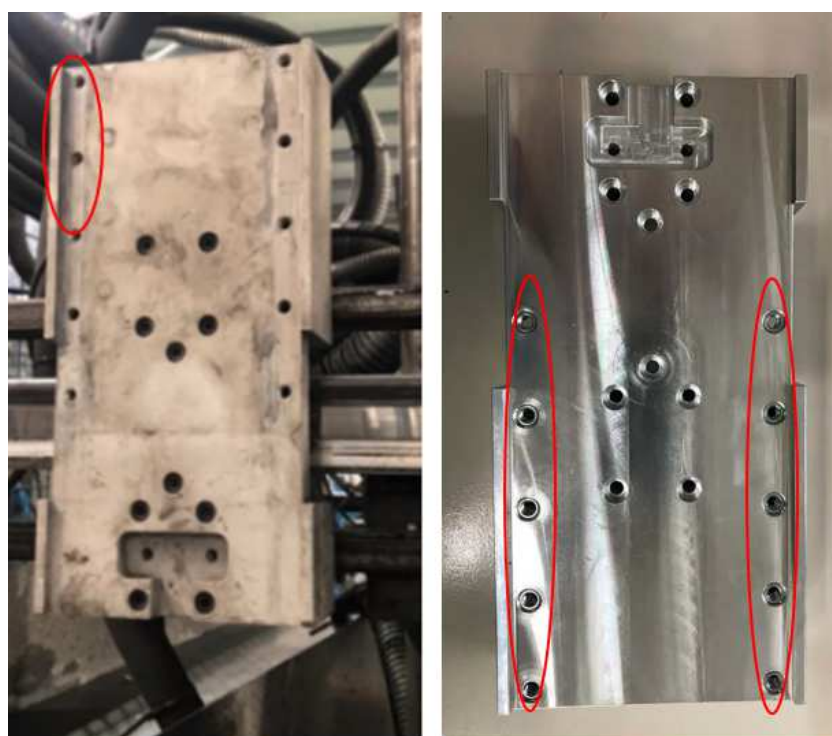


Figura 46 – Melhoria na base de sustentação do robô manipulador das máquinas de injeção de plástico.

A alteração possibilitou um ganho em vida útil das peças, sem grandes alterações em termos de peso das mesmas. A Figura 45, apresenta a parte frontal da base, responsável pelo deslocamento no sentido vertical, que teve como alternativa a aplicação de um conceito parecido com o aplicado na base de sustentação.



Figura 47 – Melhoria na placa da base do robô manipulador das máquinas de injeção de plástico.

A proposta para estas alterações deu-se através de um planeamento onde foram produzidas duas bases extras para ter em *stock*, e a cada manutenção preventiva realizada nos robôs, eram substituídas duas bases do novo conceito, e as outras duas eram retiradas e levadas ao fornecedor para serem alteradas.

4.3.3.5 *Manutenções de melhoria aplicadas nos tubos de água*

Os tubos de água que alimentam o molde, sofriam desgaste devido ao atrito gerado com a aresta viva da mesa deslizante da máquina de injeção de plástico, onde os mesmos tinham que ser substituídos com maior frequência. A Figura 46, apresenta a situação em que se encontravam os tubos antes da melhoria.

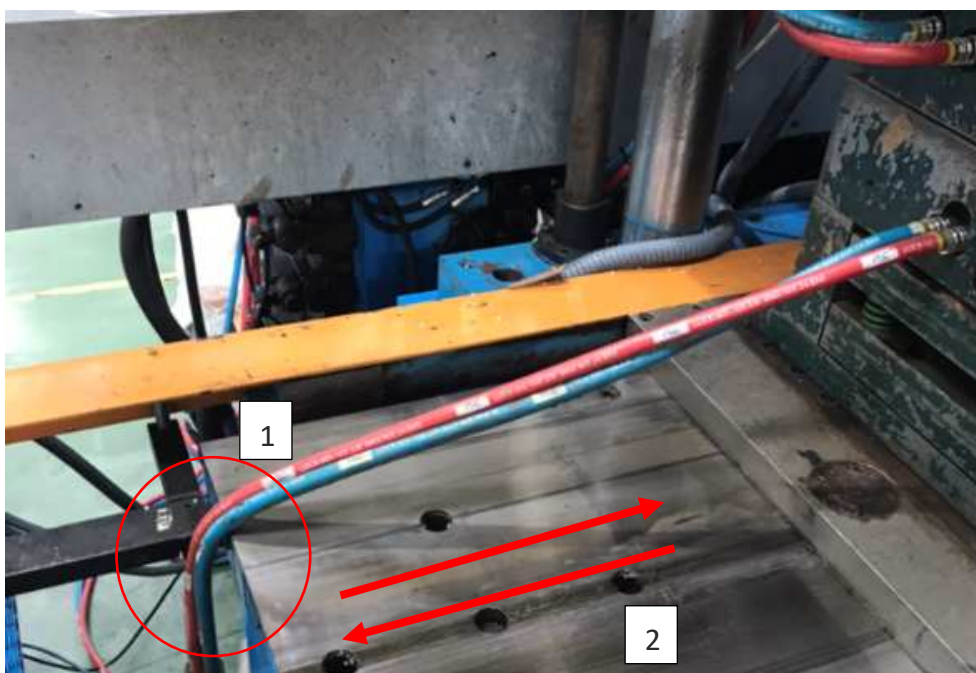


Figura 48 – Tubos de água das Máquinas de Injeção de Plástico (antes da melhoria).

Conforme indicações na Figura 46, pode ser encontrado abaixo a descrição:

- 1 – Zona de atrito entre tubos de água e mesa deslizante;
- 2 – Sentido de trabalho do molde sob a mesa deslizante.

Como solução, foi aplicado um tubo espiral de PVC que revestia os dois tubos de água. Visando garantir o posicionamento adequado do tubo espiral de PVC, foi desenvolvido uma abraçadeira em Nylon®. A Figura 47, apresenta o desenho 3D realizado no *software* de modelação 3D, Catia V5.

Além das abraçadeiras para fixar a posição do tubo espiral, foi aplicado um tubo em aço visando diminuir o atrito que havia entre o tubo de água e a aresta viva da pista. A Figura 48, apresenta a configuração deste sistema após aplicação das melhorias.

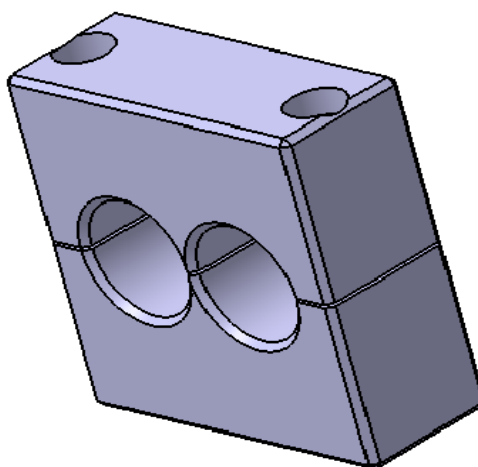


Figura 49 – Abraçadeira aplicada nos tubos de água das máquinas de injeção de plástico.



Figura 50 – Tubos de água das máquinas de injeção de plástico (após melhoria).

4.3.3.6 *Manutenções de melhoria aplicadas nos pés de apoio*

Considerando o problema apresentado no Capítulo 4.2, relativamente às colunas partidas das máquinas de injeção de plástico, foi identificado que os pés de apoio das máquinas apresentavam um mau estado de conservação e funcionamento. Por sua vez, a grande maioria destes já não permitiam realizar as afinações necessárias para o nivelamento da máquina.

Cada máquina é sustentada por seis pés de apoio, cada um deles com capacidade de carga de 2 toneladas, totalizando uma capacidade de 12 toneladas. O peso total da máquina, acrescido do molde e demais mecanismos, totalizam uma carga de 9 toneladas, valor utilizado para dimensionamento dos pés de apoio. As substituições dos pés ocorreram através de um planeamento onde eram substituídos dois conjuntos por mês.

A Figura 49, apresenta respetivamente o antes e depois dos pés de apoio das máquinas.



Figura 51 – Antes e depois dos pés de apoio anti-vibratórios.

4.3.3.7 *Manutenção de melhoria aplicada no sistema de visão artificial*

Algumas máquinas contam com sistemas de visão artificial associados às mesmas. Estes sistemas apresentavam avarias constantes no vidro onde as peças são depositadas pelo manipulador, para serem validadas. Dado tal problema, então os vidros temperados foram substituídos por policarbonato revestido por uma película protetora. Além da troca do material, o modo de fixação destas placas também foi alterado, tendo sido observado que o modelo de fixação antes utilizado gerava uma certa fragilidade na peça, Figura 50.

A alteração reduz as hipóteses de ter a placa partida, e o sistema de fixação por suportes de aperto elimina os pontos de fragilidade gerados pela furação da placa.



Figura 52 – Antes e depois do sistema de visão artificial.

4.4 Resolução de problema com colunas de sustentação do fecho do molde partidas

As máquinas de injeção de plástico MultiPlas da Ficocables, responsáveis pela produção das grelhas e coxins dos sistemas de conforto, apresentavam problemas recorrentes com as colunas de fecho do molde partidas. Visando encontrar a causa raiz do problema, foram realizadas algumas análises ao funcionamento e histórico de avarias. Para melhor entendimento do equipamento em questão, deve ser analisada a Figura 51.



Figura 53 – Máquina de Injeção de Plástico.

4.4.1.1 Metodologia de abordagem das possíveis causas

Em conjunto com a Direção do Departamento de Manutenção, foi traçado um plano para tentar chegar à possível causa raiz do problema. A Figura 52, apresenta a metodologia de abordagem seguida para tentar identificar a causa raiz do problema com as colunas partidas.

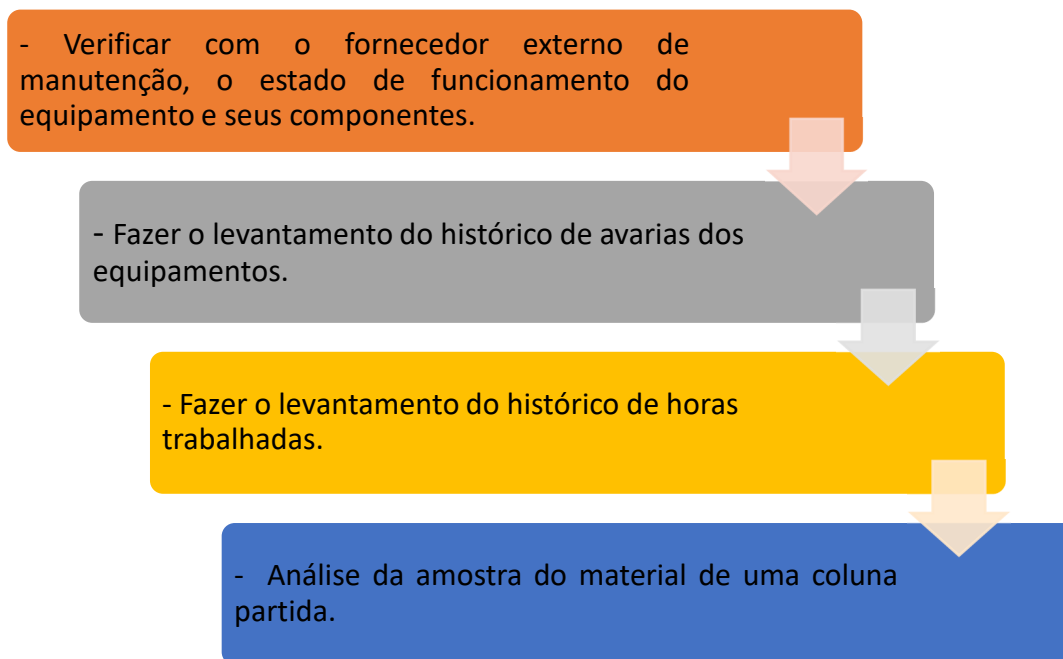


Figura 54 – Cronograma do plano de ação para descobrir as possíveis causas de fratura das colunas das máquinas de injeção de plástico.

4.4.1.2 Análise ao estado do equipamento e seu funcionamento

Em conjunto com os técnicos responsáveis e técnicos de manutenção do fornecedor externo, foi realizada uma análise ao estado geral dos equipamentos e aos seus parâmetros de ajuste. Após análise realizada ao estado geral do equipamento, foi constatado que os pés de apoio anti vibratório das máquinas não apresentavam um bom estado de conservação e funcionamento, pelo que não permitiam realizar as afinações de ajuste em altura. Assim sendo, foi utilizado um nível para aferir o nivelamento das máquinas, constatando-se um desnível na grande maioria delas.

Ainda com o auxílio do fornecedor externo, foi realizada uma verificação aos parâmetros de trabalho adotados, onde foi possível identificar que algumas das máquinas operavam com um parâmetro acima do necessário para tal função, obrigando o equipamento a operar próximo do limite especificado pelo fabricante. A Tabela 25, apresenta as especificações técnicas fornecidas pelo fabricante do equipamento. O modelo do equipamento é o V4-SD-160T da fabricante chinesa, MULTIPLAS.

Sabendo das capacidades do equipamento e tendo em conta que os seus parâmetros não estavam bem ajustados à solicitação, foi pedido ao fornecedor externo responsável

pela manutenção, a realização de um ajuste fino aos parâmetros das máquinas, de modo a prevenir um desgaste prematuro do equipamento.

Tabela 25 – Especificações técnicas da MultiPLAS V4-SD 160T adaptado de (<https://www.multiplas-tw.com/product/81>).

DESCRIÇÃO		UNIDADE	MODELO V4-SD-160T
UNIDADE DE INJEÇÃO	Diâmetro do parafuso	mm	Ø50
	Volume teórico de injeção	cm ³	393
	Capacidade de injeção (PS)	g	369
	Pressão de injeção	kg/cm ²	1478
	Taxa de injeção	cm ³ /s	169
	Capacidade de plastificação (PS)	kg/h	140
	Velocidade de rotação do parafuso	rpm	300
	Capacidade de aquecimento	kW	8.3
UNIDADE DE APERTO	Força de aperto	ton	160
	Altura mínima do molde	mm	250-350
	Curso de abertura	mm	300
	Luz máxima do dia	mm	550-650
	Curso do ejetor	mm	125
	Força do ejetor	ton	5.4
OUTROS	Energia elétrica	hp(kW)	30/22.4
	Capacidade do tanque de óleo	l	310
	Capacidade de água de refrigeração	l/hr	4000
	Curso da mesa deslizante	mm	690
	Diâmetro da mesa rotativa	mm	-
	Dimensões da máquina (CxLxA)	m	2.4x2.2x4.5
	Peso da máquina	ton	7.3

4.4.1.3 Levantamento e análise ao histórico de avarias

Visando reunir o maior número de informações possíveis sobre os equipamentos, foi feito um levantamento do histórico de O. T.'s relacionadas com as colunas partidas. Foram analisadas as vinte máquinas MultiPlas presentes na UAP4, desde o momento do arranque, em 2009, até final de dezembro de 2019. Deste modo, inicialmente foi feito um levantamento das horas trabalhadas por cada um dos equipamentos dentro de cada ano, como forma de criar uma relação entre (avarias x horas trabalhadas), que seria analisada numa fase seguinte. Os dados foram extraídos do sistema informático utilizado na empresa, organizados em formato de folha de cálculo do MS Excel®, os quais estão apresentados em formato de gráfico na Figura 53.

A Figura 53, apresenta as vinte máquinas e as respetivas horas de trabalho dentro de cada ano. Como é possível observar, a coluna da esquerda que apresenta valores de (0 a 50000) são os valores de referência para as horas totais de trabalho durante a vida do

equipamento, exceto no ano de 2010, no qual não existe nenhum registo no sistema da empresa.

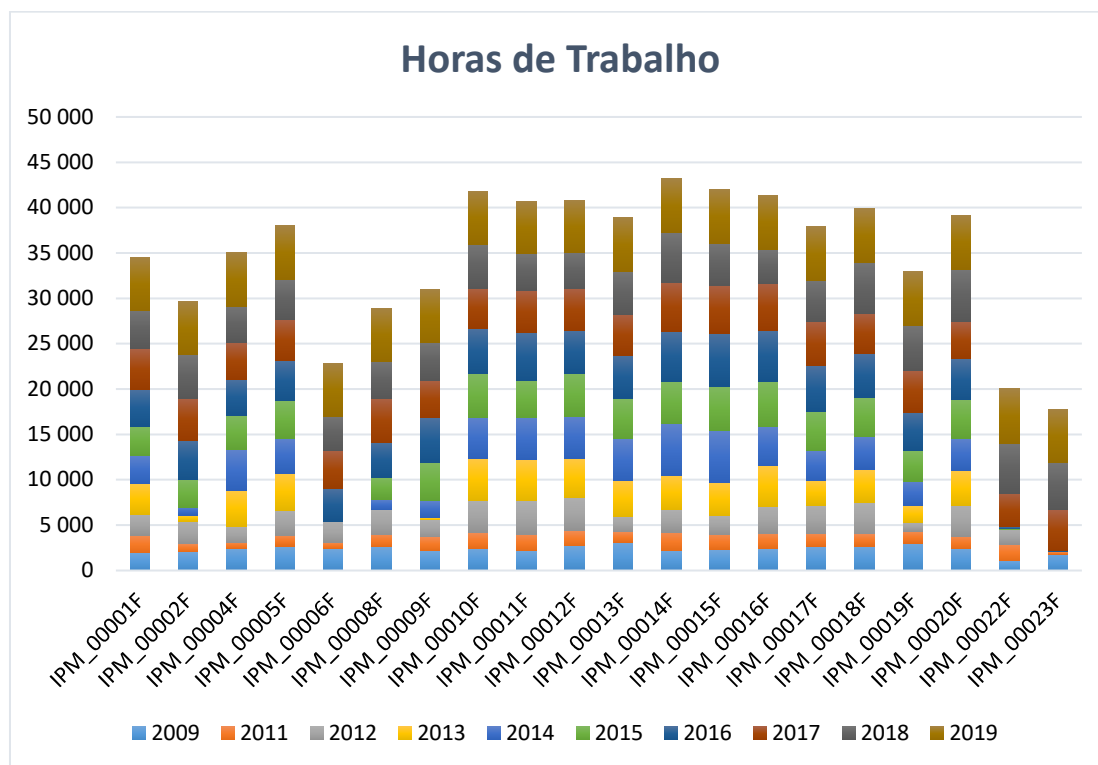


Figura 55 – Gráfico com as horas de trabalho das máquinas de injeção de plástico.

Após extraídas as horas de produção de cada equipamento, foi realizada uma relação com o histórico de colunas partidas. De entre as vinte máquinas analisadas, apenas nove delas apresentaram O. T.'s para colunas partidas. Ainda analisando os valores apresentados no gráfico da Figura 53, podemos criar uma relação entre as horas trabalhadas das máquinas que tiveram registos de colunas partidas, e das que não tiveram, e assim dar valores médios de horas trabalhadas por máquina, Tabela 26.

Tabela 26 – Valor médio de horas trabalhadas entre máquinas com e sem avarias de colunas partidas.

Máquina	Valor médio de horas de trabalho
C/ Colunas partidas	35 718.2 horas
S/ Colunas partidas	34 125.9 horas

A Tabela 27, apresenta as nove máquinas que tiveram avarias com colunas partidas, assim como as respetivas datas das O. T.'s.

Os valores referidos na Tabela 27, estão apresentados sob a forma de gráfico na Tabela 28.

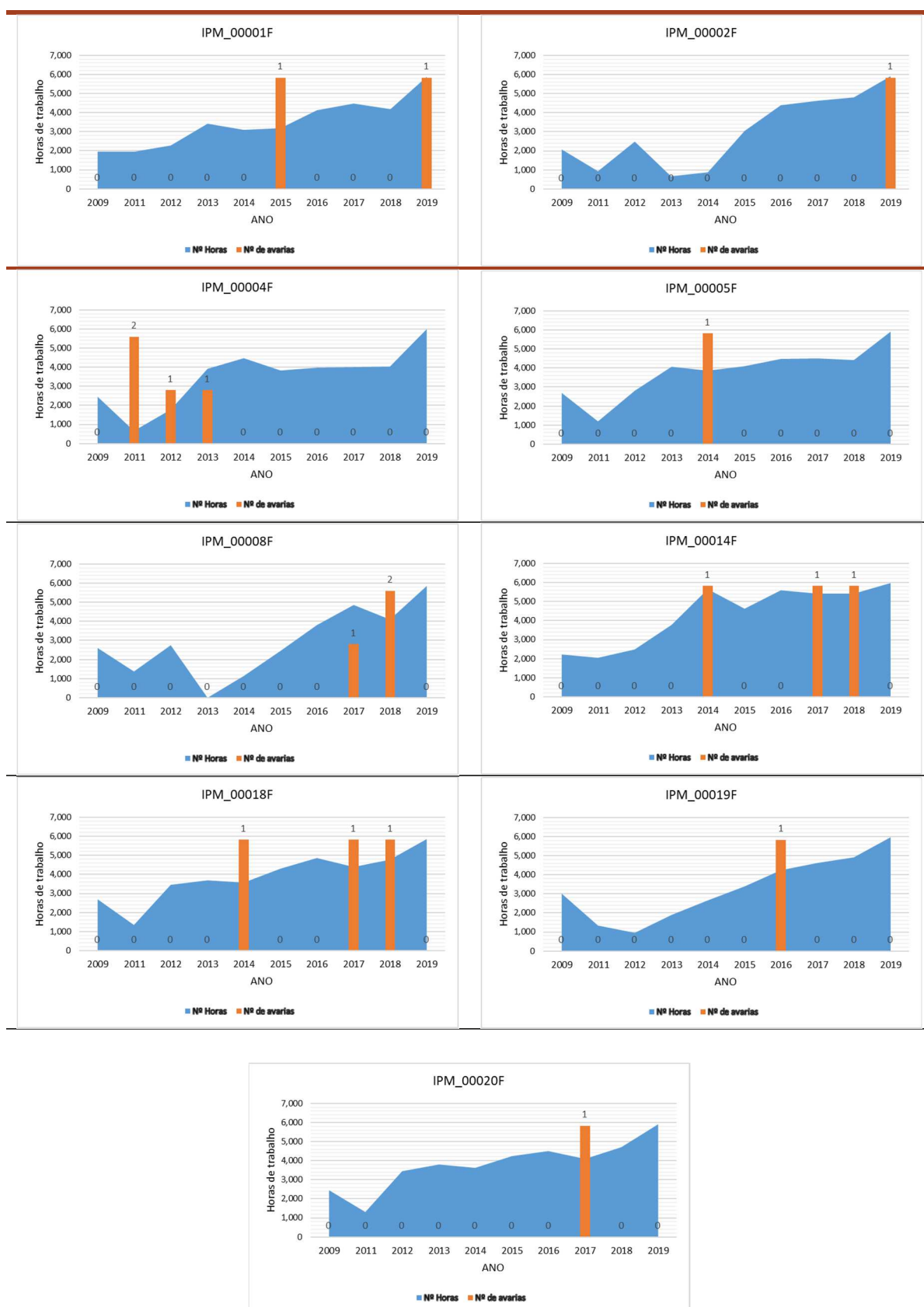
Tabela 27 – Datas x Horas de produção x Nº de Colunas substituídas.

EQUIPAMENTO	DATA O.T	Nº DE COLUNAS SUBSTITUÍDAS	HORAS DE PRODUÇÃO ATÉ AVARIA
IPM_1F	15/04/2015	4	13635
	16/06/2019	4	14496
IPM_2F	23/07/2019	1	26472
IPM_4F	03/05/2011	2	2623
	18/11/2011	2	357
	18/03/2012	1	413
	24/12/2013	1	5199
IPM_5F	18/08/2014	4	13470
IPM_8F	19/09/2017	1	16309
	22/01/2018	1	1430
	22/03/2018	1	813
IPM_14F	28/05/2015	4	17968
	14/10/2019	1	17498
IPM_18F	10/07/2014	4	13468
	14/03/2017	1	11608
	14/05/2018	4	5524
IPM_19F	25/01/2016	4	13336
IPM_20F	04/07/2017	4	25444

Os gráficos da tabela 28, apresentam as horas de trabalho x quantidade de avarias anuais de cada equipamento. Analisando os casos, é possível observar que em 89% deles as avarias relacionadas com colunas partidas ocorreram após um aumento significativo nas horas de trabalho, com exceção da máquina IPM_00004F, que foi a primeira a apresentar este tipo de avaria, onde foram registadas três avarias com poucas horas de produção.

A primeira avaria ocorreu com 2623 horas de trabalho acumuladas pelo equipamento, onde foram substituídas apenas duas das quatro colunas da máquina. Este facto pode ter tido influência nas avarias seguintes, que foram registadas num curto espaço de tempo e com poucas horas de trabalho acumuladas. Considerando o caso apresentado para a IPM_00004F, e sabendo que as colunas das máquinas trabalham de forma solidária, foi também realizada uma análise nas demais máquinas, relacionando as trocas parciais e completa que foram feitas das colunas, Figura 54.

Tabela 28 – Horas de produção x avarias anuais.



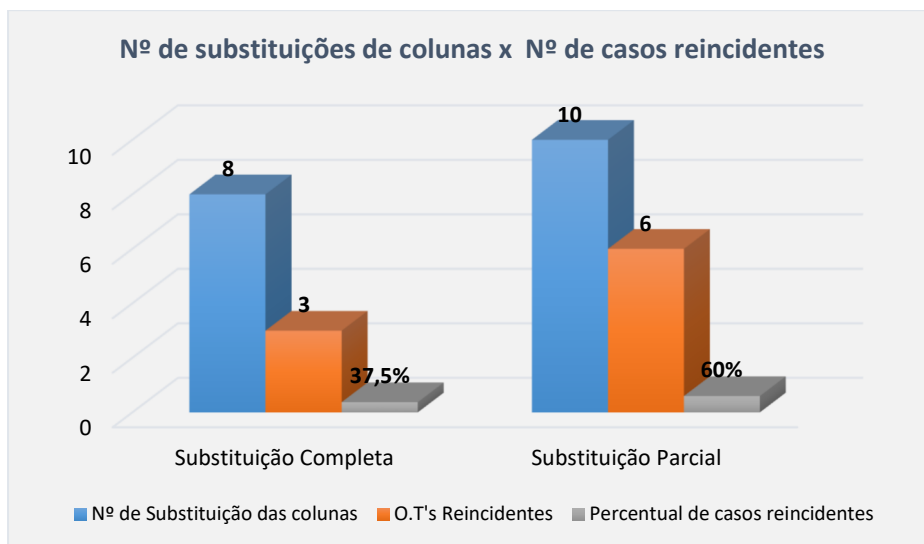


Figura 56 – Gráfico de substituição de colunas x casos reincidentes.

Segundo os valores apresentados no gráfico da Figura 54, é possível observar que a maior parte dos casos reincidentes são por parte das máquinas que tiveram a substituição parcial das colunas. Estes valores podem estar relacionados com o facto de que, conforme apresentado na Figura 55, a zona onde as colunas partem, se encontra localizada numa região da parte interior da máquina, onde muitas vezes não é possível identificar o exato momento em que a coluna parte. Assim sendo, a máquina pode operar por um longo tempo, gerando sobrecarga nas outras três colunas de sustentação, e podendo gerar danos no material que não são identificáveis a olho nu. Então, por norma, é sempre indicada a substituição das quatro colunas de sustentação após uma O.T. deste género.

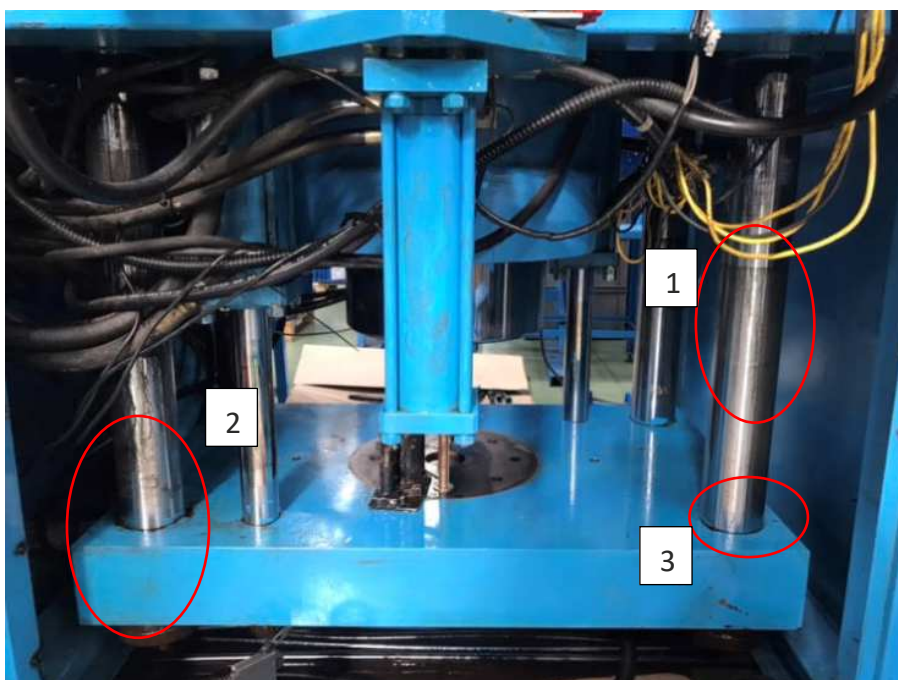


Figura 57 – Interior da máquina de injeção de plástico.

Conforme indicações na Figura 55, temos que:

- 1 – Coluna de sustentação do fecho do molde;
- 2 – Zona de aperto da coluna com a base do cilindro de fecho do molde;
- 3 – Zona onde ocorre a fratura da coluna.

Além de apresentar um maior percentual de reincidência dos casos, três das cinco máquinas (IPM_4F; IPM_8F; IPM_18F) que tiveram a substituição parcial das colunas, apresentaram valores mais baixos de horas de produção após substituição parcial das colunas, indicando que o facto pode estar ligado a um dano causado pela avaria anterior.

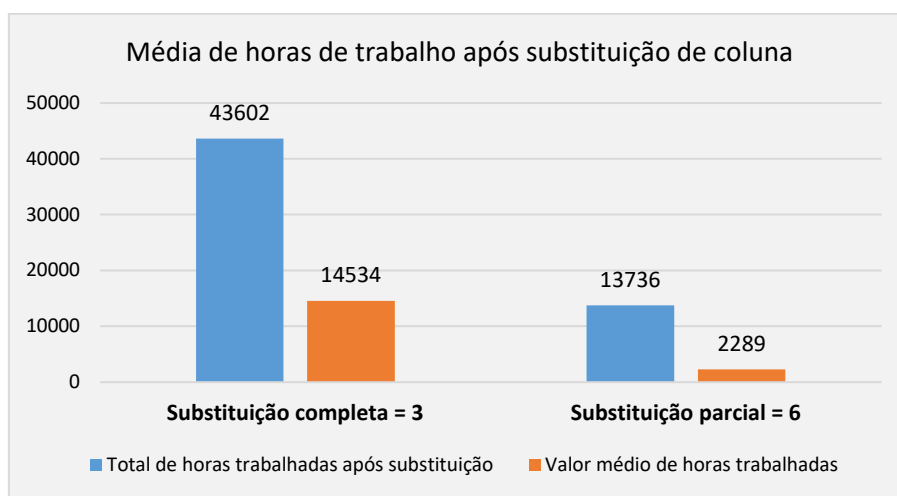


Figura 58 – Gráfico com média de horas de trabalho após reparo MTBF.

Os valores apresentados no gráfico da Figura 56 representam o somatório das horas trabalhadas após substituição de colunas das máquinas que apresentaram reincidência de casos, onde aconteceram três substituições completas e seis parciais. Isso mesmo pode ser melhor analisado através dos seguintes indicadores de desempenho, Tabela 29.

Tabela 29 – Indicadores de desempenho para os dois tipos de substituição.

Tipo de substituição	MTBF (Horas)	MTTR (Horas)	MWT (Horas)	MDT (Horas)	Disponibilidade
Completa	14 534	16	32	48	69.5%
Parcial	2289	16	32	48	62.1%

No entanto, foi realizado um levantamento aos valores médios de horas despendidas na execução das atividades, das horas de máquina parada, valores cobrados pelos fornecedores de prestação de serviço, e ao material gasto, Tabela 30.

Tabela 30 – Média de horas empregadas e custos com fornecedor.

Tempo médio de reparação (MTTR)	Tempo médio de imobilização (MDT)	Custo para 2 elementos	Custo da coluna
16 horas	32 horas	€38/hora	€840/UN

Com base nos valores apresentados na Tabela 31, foi realizada uma estimativa aos valores que foram gastos em manutenções corretivas para a substituição das colunas partidas, Tabela 31.

Tabela 31 – Estimativa de custos associados às avarias.

Tipo de substituição	Total de colunas substituídas	Nº Total de avarias
Completa	32	8
Parcial	12	10

Equacionando os valores apresentados nas Tabela 31 e Tabela 32, temos:

Custo total (completa):

$$8 \times 16 \text{ horas} \times € 38 \times 2 \text{ elementos} + € 840 \times 32 = € \mathbf{36.608,00} \quad (6)$$

Custo total (incompleta):

$$10 \times 16 \text{ horas} \times € 38 \times 2 \text{ elementos} + € 840 \times 12 = € \mathbf{22.240,00} \quad (7)$$

Considerando os custos atribuídos pelos fornecedores e aplicando-os nos valores de MTTF obtidos na Equação 8, temos os seguintes valores, Tabela 33.

$$MTTF \times € 38 \times 2 \text{ elementos} + € 840 \times N^{\circ} \text{ de colunas} = \mathbf{Custo} \quad (8)$$

A Tabela 32, apresenta o custo médio das peças e a capacidade média de produção por hora das máquinas.

Tabela 32 – Relação entre o custo por hora x MTBF.

Substituição	Nº de colunas	Custo por substituição
Completa	4	€ 4576,00
	1	€ 2056,00
Parcial	2	€ 2896,00
	3	€ 3736,00

Tabela 33 - Custo das peças e capacidade média de produção por hora.

Descrição	Valores
Valor médio das peças	€ 0.80
Média de peças injetadas por hora	140 unidades

Considerando os valores da Tabela 33 e os valores de MTTR referente às O. T,'s para substituição parcial e completa, temos os seguintes valores.

- Perca de produção (substituição parcial):

$$10 \times 16 \text{ horas} \times 140 = \mathbf{22\ 400 \text{ unidades}} \quad (9)$$

- Valor perdido com peças não produzidas (substituição parcial):

$$22400 \times € 0.80 = € \mathbf{17\ 920,00} \quad (10)$$

- Perca de produção (substituição completa):

$$8 \text{ O.T's} \times 16 \text{ horas} \times 140 = \mathbf{17920 \text{ unidades}} \quad (11)$$

- Valor perdido com peças não produzidas (substituição Completa):

$$17920 \times € 0.80 = € \mathbf{14\ 336,00} \quad (12)$$

Analisando os valores apresentados para os custos referentes à substituição das colunas, podemos observar que em termos de custo a substituição parcial se torna mais

viável economicamente. Mas, por outro lado, esta opção apresentou um impacto negativo nos índices de indicadores de desempenho.

4.5 Análises realizadas em amostra do material

Visando obter maiores informações sobre as possíveis causas de fratura das colunas, foram então realizadas análises a uma amostra da mesma. O material passou pelas seguintes análises: Análise em Microscópio Eletrônico de Varrimento (MEV), Metalografia e ensaio de dureza Vickers.

4.5.1.1 Análise em Microscópio Eletrônico de Varrimento (MEV)

Devido às capacidades de imagem oferecidas pela MEV, onde a mesma tem uma aparência tridimensional característica, permite uma melhor avaliação da estrutura superficial da amostra, possui uma melhor capacidade em avaliar os aspectos topográficos, e permite a verificação da composição e demais características do material da amostra. Então, optou-se por realizar uma análise em alguns corpos de prova extraídos da zona de fratura da coluna partida no dia 14/10/2019 da Máquina IPM_14F, A Figura 57, apresenta uma das amostras da qual foram extraídos os corpos de prova.



Figura 59 – Amostra da coluna partida para extração dos corpos de prova da IPM_14F .



4.5.1.2 Laboratório do CEMUP

As análises por MEV foram realizadas nas instalações do Centro de Materiais da Universidade do Porto (CEMUP). Para a realização destas análises, foi necessária a preparação prévia da amostra, de modo a extrair os corpos de prova. A amostra foi cortada em oito partes, para que os corpos de prova pudessem ser submetidos às análises no MEV em termos de dimensão. A preparação destes, foi realizada via fornecedor externo.

4.5.1.3 Preparação das amostras no Laboratório do CEMUP

Antes de realizar as análises em MEV, as amostras tiveram que ser devidamente preparadas, tendo sido submetidas a processos de limpeza, Tabela 34.

Tabela 34 – Preparação da amostra para análise em MEV.

Descrição do Processo	Banho de ultrassons
<p>Limpeza com acetona. As amostras foram submetidas ao banho de ultrassons em equipamento de marca e modelo (BANDELIN SONOREX TK52), equipamento este responsável por realizar o banho físico e químico nas amostras.</p>	
Descrição do Processo	Polimento
<p>As amostras foram submetidas a dois banhos de 7 min e 3 min, sendo a acetona substituída entre um banho e outro. Após cada banho, foi realizada a secagem e limpeza, para remoção de pequenas impurezas através de sopro com ar-comprimido.</p>	

4.5.1.4 Seleção das amostras para análises

As amostras foram divididas em dois grupos com oito partes em cada, que estão identificadas da seguinte forma: Coluna 1 e Coluna 2; e dentro dos grupos estão identificadas como: A, B, C, D, E, F, G e H. A seleção das amostras a serem submetidas ao MEV, foi realizada a partir de uma avaliação a olho nu, atendendo às características de fratura nelas apresentadas. A seleção não seguiu uma ordem crescente ou decrescente, mas sim de forma aleatória, visando escolher a amostra que apresentasse melhores características para análise no MEV.

Coluna 1: Amostras analisadas (A).

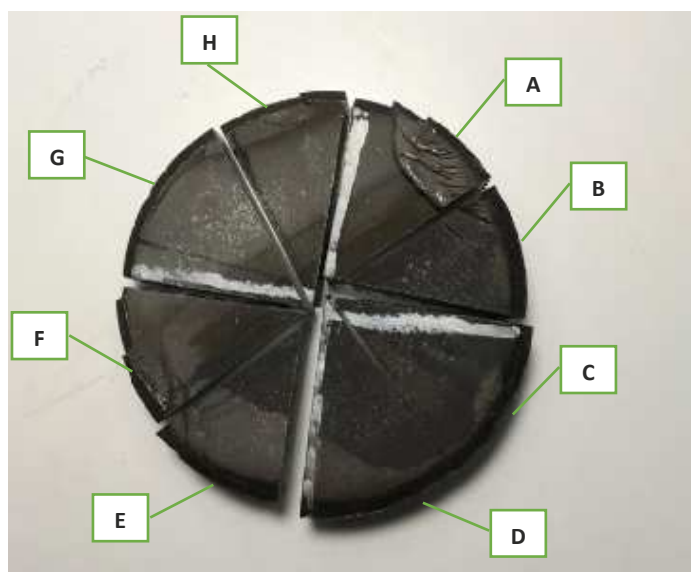


Figura 60 – Coluna 1.

Coluna 2: Amostras analisadas (D).

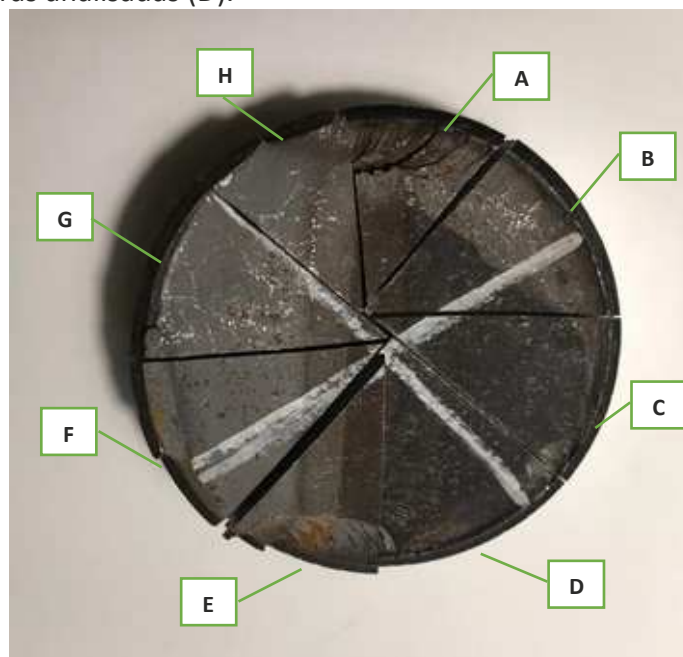


Figura 61 – Coluna 2.

4.5.1.5 Análises aos corpos de prova

Para realização destas análises nas amostras, foi utilizado um Microscópio Eletrônico de Varrimento da marca e modelo FEI, modelo QUANTA 400FEG, Figura 60.



Figura 62 – Fotografia do Microscópio utilizado nas análises.

Seguidamente estão apresentadas as fotografias obtidas através da análise em microscópio. O primeiro grupo analisado foi o da COLUNA 1, onde as amostras selecionadas foram as A, F e H. Das amostras analisadas na coluna 1, apenas a amostra A apresentou pontos importantes para análise.

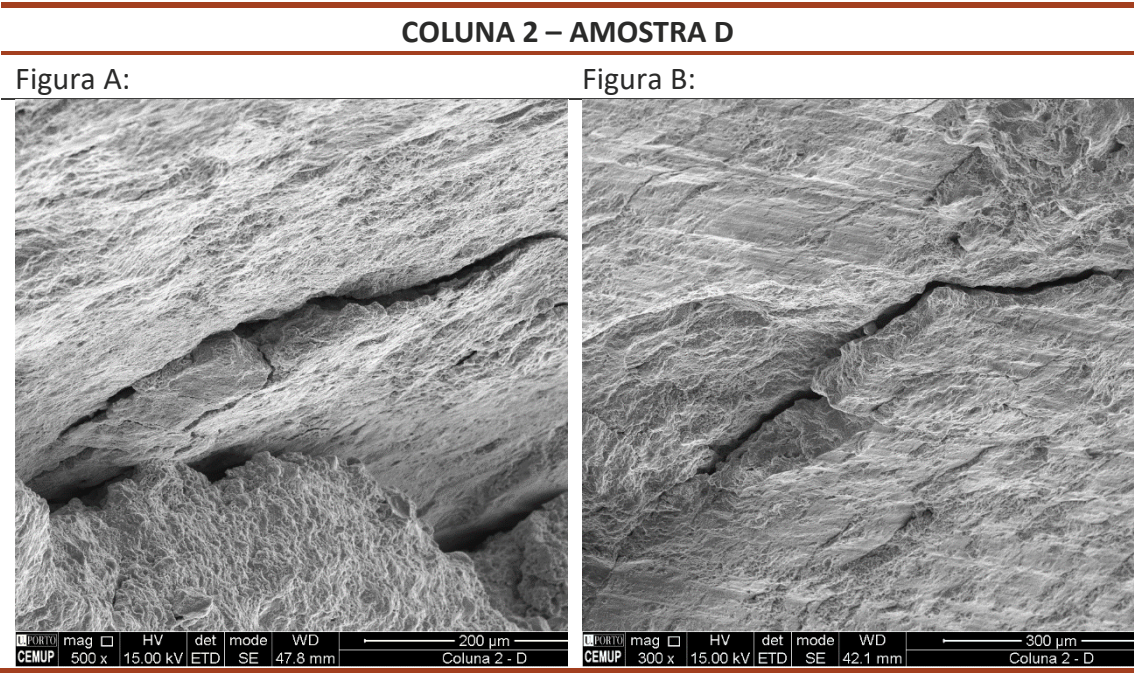
Tabela 35 – Análise de amostra da Coluna 1 em MEV.

COLUNA 1 – AMOSTRA A	
Figura A:	Figura B:

Comentários Tabela 35: A imagem A mostra claramente uma estrutura aleatória, sem linhas vincadas, revelando alguma ductilidade do material. Por outro lado, a imagem B, assim como parte da imagem A, revelam a forma como a fissuração se propaga nas amostras, revelando que não existe qualquer processo frágil associado. No entanto, também não existem marcas vincadas de fenómenos de fadiga.

O segundo grupo analisado foi o da COLUNA 2, onde as amostras seleccionadas foram: A e D. A coluna 2 se apresenta no mesmo caso da coluna 1, onde para esta apenas a amostra D apresentou boas características para análise.

Tabela 36 – Análise de amostra da Coluna 1 em MEV.



Comentários Tabela 36: Através das imagens A e B pode ver-se que, de uma forma não totalmente explícita, existe um padrão de marcado por linhas paralelas, principalmente na imagem B, o que pode indiciar ter existido alguma fadiga associada à fratura da coluna.

Da análise por MEV não se pode concluir claramente que esteja presente qualquer fenómeno de fadiga na zona de fratura. Atendendo a que as colunas estão sujeitas a esforços cíclicos de compressão e tração (fecho do molde), seria de esperar marcas mais vincadas de fadiga, mas tal não está perfeitamente claro, o que indicia que o material das colunas está mal seleccionado, ou o tratamento térmico não é o mais adequado, o que leva a que haja uma fratura prematura das colunas, mas apenas devido aos esforços de tração a que estão ciclicamente sujeitas.

Atendendo a que a Figura 58 mostra que existe uma assimetria vincada entre faces opostas da mesma amostra, será de verificar se existe algum desalinhamento entre

algumas das colunas (verificar paralelismo), pois essa assimetria de comportamento na zona de fratura indicia que poderá existir flexão nas colunas de guiamento, fenómeno que não deveria estar presente.

4.5.1.6 Metalografia

Visando reunir o maior número de informação possível em relação ao material e suas características, o estudo estendeu-se para uma análise metalográfica que foi realizada nas instalações do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). Este ensaio visou essencialmente perceber se existia tratamento térmico e de que forma este tinha modificado a estrutura do material na periferia, assim como tentar perceber se existiria alguma deformação do grão na periferia, o que poderia indiciar os fenómenos de flexão atrás referidos.


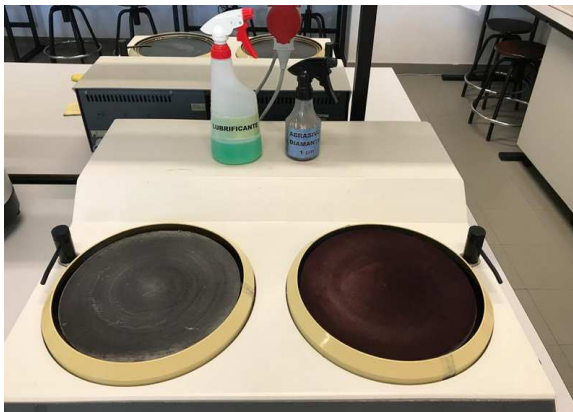
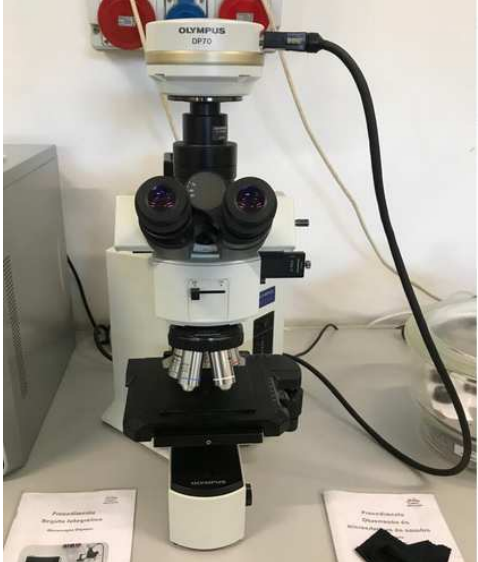
Para a realização destes ensaios, foi necessário preparar a amostra, de modo a obter um corpo de prova envolvido por resina, como demonstrado na Figura 61.



Figura 63 – Corpo de prova extraído de amostra da coluna partida.

O corpo de prova apresentado na Figura 62, foi submetido ao procedimento indicado na Tabela 37.

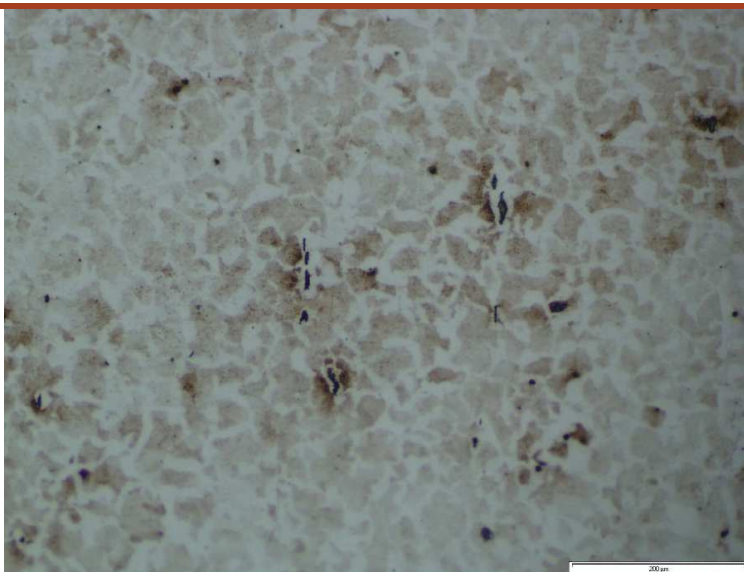
Tabela 37 – Preparação da amostra para análise metalográfica.

Descrição do Processo	Lixagem
<p>O processo de lixagem foi dividido em três etapas, nomeadamente:</p> <p>1ª Etapa: Lixagem com lixa P220 a uma rotação de 300 rpm;</p> <p>2ª Etapa: Lixagem com lixa P500 a uma rotação de 150 rpm;</p> <p>3ª Etapa: Lixagem com lixa P1000 a uma rotação de 150 rpm.</p>	
Descrição do Processo	Polimento
<p>O processo de polimento foi dividido em três etapas, nomeadamente:</p> <p>1ª Etapa: Utilização de abrasivo diamante 3 µm + lubrificante à base de água;</p> <p>2ª Etapa: Utilização de abrasivo diamante 1 µm + lubrificante à base de água.</p> <p>3ª Fase: Ataque Químico com NITAL 4%, por cerca de 10 segundos.</p>	
Descrição do Processo	Análise da Microestrutura
<p>Análise da microestrutura do material realizada em microscópio metalográfico da marca Olympus e modelo MX51, equipado com câmara fotográfica digital de 18 MP, modelo DP70.</p>	

Após todas as etapas de preparação da amostra, a mesma foi submetida a análise metalográfica, com vista a obter as características do material, Tabela 38 e Tabela 39.

Tabela 38 – Imagens da análise metalográfica.

Observação 1 – Centro da amostra com ampliação em 100x.

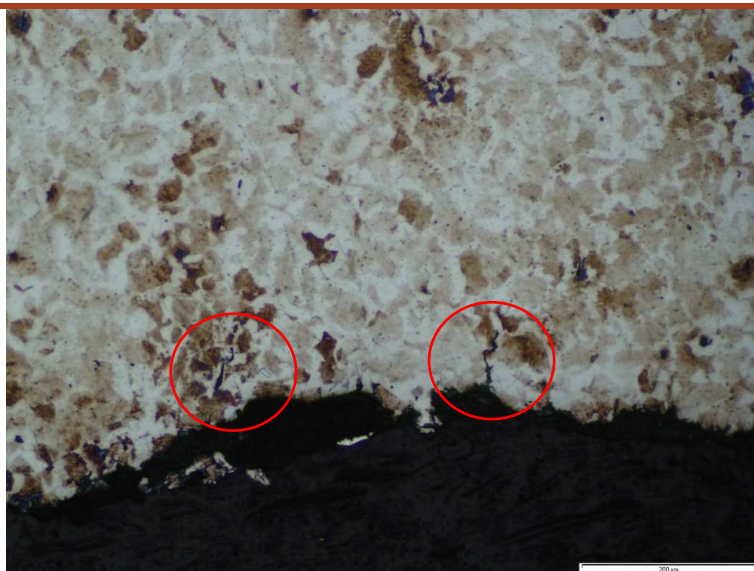


Comentários

Ponto onde a fadiga não deveria afetar, pois este fenómeno começa a afetar a periferia, evoluindo em direção ao centro. O material apresenta uniformidade do grão, não apresenta fissuras visíveis, portanto as fissuras não evoluíram até este ponto.

Tabela 39 – Imagens da análise metalográfica.

Observação 2 – Periferia da amostra com ampliação em 100x.



Comentários

Os pontos indicados a vermelho, apresentam uma iniciação da fissuração que tem característica transgranular, o que demonstra o elevado estado de tensão a que a periferia do material está sujeita.

4.5.1.7 Ensaio de Dureza Vickers

Após análise metalográfica da amostra, a mesma foi submetida ao ensaio de dureza, de acordo com a norma ASTM E-92. Para tal, foi utilizado um durômetro marca e modelo EMCO-TEST M4U 025 G3. Foram realizadas 16 indentações na amostra, com uma carga aplicada de 49,05 N (5 kgf), Figura 62.

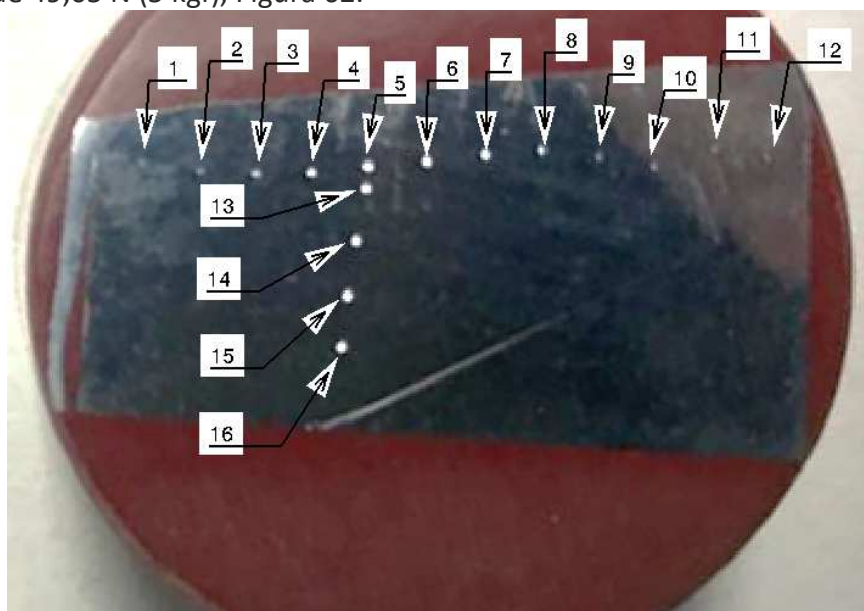


Figura 64 – Imagem da amostra após ensaio de dureza Vickers.

A Tabela 40, apresenta os resultados obtidos nas 16 indentações realizadas no corpo de prova, conforme apresentado na Figura 62.

Tabela 40 – Valores obtidos no ensaio de dureza.

Área da identação	Valores individuais de dureza [HV]	Área da identação	Valores individuais de dureza [HV]
1	228	9	209
2	223	10	209
3	217	11	209
4	212	12	209
5	206	13	208
6	200	14	208
7	210	15	208
8	210	16	208

Os valores obtidos no ensaio de dureza Vickers demonstram que, apesar do elevado estado de tensão a que o material está sujeito, não apresentou um encruamento significativo.

4.6 Resumo das ações de melhoria e seu impacto

As ações de melhorias aqui abordadas, apresentaram resultados positivos para a manutenção a partir de uma análise anterior e posterior, Tabela 41 e Tabela 42.

Tabela 41 – Análise anterior e posterior às ações de melhoria nas máquinas de injeção de plástico.

Melhoria aplicada nas Máquinas de Injeção de Plástico		
Descrição	Antes	Depois
Tubos de água e óleo	Diversas O.T.'s devido aos tubos de água e óleo danificados.	Nenhuma avaria após aplicação do novo conceito (acompanhamento de 6 meses).
Calha articulada	Diversas avarias no sistema que guiava os tubos e fios do robô;	Nenhuma avaria apresentada após aplicação das calhas articuladas;
Sistema com duas tremonhas	<i>Setup</i> complicado na substituição do material, além do risco de contaminação de um material com outro;	Aplicação de sistema com duas tremonhas, ganho em tempo de <i>setup</i> e eliminação do risco de contaminação entre os diferentes materiais.
Checklist para Manutenções preventivas	Falta de <i>checklist</i> .	Atividades estruturadas e organizadas. Maior assertividade nas atividades de manutenção e padronização das atividades.
Base do manipulador	Roscas moídas devido às várias afinações.	Aumento na durabilidade da peça devido a aplicação de helicoil e um postigo em aço temperado na zona de desgaste.
Vidro do Sistema de Visão Artificial	Placa em vidro temperado sempre a partir.	Substituição de vidro por policarbonato e alteração no suporte. Não apresentou nenhuma O.T. após alteração.
Parafuso de fixação do molde	Parafusos partidos e risco oferecido à segurança do operador.	Definição do tempo limite de uso dos parafusos e identificação por cores a cada troca (amarelo/azul). Nenhuma O.T. após alteração.

Melhoria aplicada nas Máquinas de Injeção de Plástico		
Descrição	Antes	Depois
Suporte para cilindro da cunha de segurança	Rosca do cilindro moída e risco de não funcionamento do mesmo. Riscos a segurança do operador.	Colocação de suporte capaz de fixar bem o cilindro e garantir o bom funcionamento.
Suporte para os tubos de alimentação do plástico	Tubos com comprimento inadequado, elevado peso aplicano na tremonha, má aparência do equipamento e acesso dificultado em caso de manutenção.	Melhoria no layout do equipamento, facilidade no acesso em caso de manutenção, carga apoiada no suporte.
Análise das colunas de fecho do molde partidas	Colunas partidas sem causa aparente.	Identificação de material mal selecionado, possível desalinhamento. Criação de atividades de checagem durante manutenção (aperto de coluna) e criação da necessidade em garantir a qualidade do material.

Tabela 42 – Situação anterior e posterior às ações gerais de melhorias.

Melhorias Gerais		
Descrição	Antes	Depois
Peças soldadas	Peças soldadas com necessidade de melhorias.	Alteração no conceito das peças e material, quando aplicável. Nenhuma O.T. após alteração.
Sistema de limpeza por ar-comprimido	Uso de ar-comprimido que implica em maior custo.	Redução de custo com o fim do uso de ar-comprimido, e solução funcional de menor custo implantada.
Cronograma para trabalhos aos sábados	Falta de cronograma com a disponibilidade dos técnicos.	Atividades aos sábados ajustadas em função da disponibilidade dos técnicos.
Tampa do posto das espinhas	Peça assimétrica, podendo ser usada apenas durante um ciclo de vida.	Peça simétrica, com o dobro da vida útil.

As ações de melhorias que foram realizadas ao longo deste trabalho, tiveram como propósito a redução de custos da manutenção, aumento da fiabilidade dos ativos e organização em termos de estrutura de equipa.

PLANEAMENTO DAS AÇÕES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVAS DA UAP 4

5.1 Metodologia aplicada

5.2 Indicadores Existentes e Novos Indicadores Implementados

5.3 Implementação de novos indicadores

5 PLANEAMENTO DAS AÇÕES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA UAP 4

5.1.1 PMP aplicado nas Máquinas de Conformação de Arame (Tecnologias e Dorcas)

Acompanhado pelo Diretor do DMI, foi realizada uma reunião com o elemento responsável pelo grupo de máquinas de conformação de arame, onde foi apresentada toda a metodologia que estava a ser implantada, e foi então entregue um cronograma com o planeamento para aquele grupo de máquinas.

As atividades para este primeiro grupo de máquinas foram planeadas sempre para os dias de segunda e terça-feira, conforme foi alinhado com a Direção da Produção, tendo uma máquina por semana, disponível por um mínimo de dois dias para execução das atividades, possibilitando um melhor controlo, acompanhamento e tempo necessário para melhor gestão das atividades. O cronograma apresentado ao técnico se possuía a forma apresentada na Figura 65.

Equipamento	Descrição	Data			Nº de intervenções	Semana
		Levantamentos	Execução			
CDGA00010F	CENTRO DOBRA ARAME TEC5 CDGA00010F(XVS3)	20/09/2019	07/10/2019	08/10/2019	86	41
CDGA00013F	CENTRO DOBRAGEM DE ARAME PR1 CDGA00013F	02/08/2019	19/08/2019	20/08/2019	81	34
CDGA00006F	CENTRO DOBRAGEM DE ARAME TEC1 CDGA00006F	27/09/2019	14/10/2019	15/10/2019	70	42
MCAG00003F	MÁQUINA CORTAR ARAME DORCA1 MCAG00003F	16/08/2019	03/09/2019	04/09/2019	66	36
MCAG00008F	MÁQ. CORTAR ARAME MCAG00008F (INOVMAC) DORCA 6	23/08/2019	09/09/2019	10/09/2019	51	37
CDGA00003C	MAQUINA DOBRAR ARAME TEC8 CDGA00003C	04/10/2019	21/10/2019	22/10/2019	51	43
MCAG00006F	MÁQ. CORTAR ARAME MCAG00006F (INOVMAC) DORCA 5	30/08/2019	16/09/2019	17/09/2019	43	38
MCAG00004F	MÁQUINA CORTAR ARAME DORCA 2 MCAG00004F	06/09/2019	23/09/2019	24/09/2019	41	39
MCAG00002F	MÁQUINA CORTAR ARAME DORCA 4 MCAG00004F	13/09/2019	30/09/2019	01/10/2019	38	40
CDGA00008F	CENTRO DOBRAGEM DE ARAME TEC3 CDGA00008F	11/10/2019	28/10/2019	29/10/2019	30	44
CDGA00014F	CENTRO DOBRAGEM DE ARAME FICO1 CDGA00014F	09/08/2019	26/08/2019	27/08/2019	22	35
CDGA00011F	CENT DOBRAGEM DE ARAME TEC6 CDGA00011F	18/10/2019	04/11/2019	05/11/2019	16	45
CDGA00009F	CENTRO DOBRAGEM DE ARAME TEC4 CDGA00009F	25/10/2019	11/11/2019	12/11/2019	12	46

Figura 65 – Cronograma do PMP das Máquinas de Conformação de Arame.

O cronograma apresentado ao técnico, continha a identificação do equipamento, seguido das respetivas datas para intervenção, número de intervenções realizadas nos

6 meses de levantamento e a semana de realização da atividade. O mesmo era disponibilizado para o Departamento de Produção, de modo a programar as paragens.

O planeamento inicial estava sujeito a alterações consoante as análises aos indicadores de desempenho realizadas semanalmente.

A partir daí, deu-se início às atividades de manutenção preventiva. Tendo em conta que a metodologia aplicada apresentava bons resultados, após três semanas do início das manutenções nas máquinas de conformação de arame, o processo foi validado, e então, o plano de manutenção teve início para os restantes ativos da UAP 4.

5.1.2 PMP aplicado nas Linhas de Montagem (*Suspension Mat*)

A proposta inicial para as linhas de montagem (*Suspension Mat*) da UAP 4, era executar uma máquina a cada sábado. O planeamento foi ajustado consoante a criticidade dos equipamentos, definido a partir do número de intervenções apresentadas em 6 meses de trabalho, num período de janeiro a junho de 2019, Figura 66.

Equipamento	Descrição	Data		Nº de intervenções	Semana
		Levantamentos	Execução		
LM3028001F	LINHA SUSPENSION MAT IBK2 linha 1	30/08/2019	14/09/2019	233	37
LM9928003F	L Montg SUSPENSION MAT IBK DAG Cpt chair	06/09/2019	21/09/2019	232	38
LM9928005F	L Montg SUSP. MAT. 4 IBK/ lordose	13/09/2019	28/09/2019	226	39
LM9928004F	L Montg SUSP. MAT 3 lordose/Massage	19/09/2019	05/10/2019	207	40
LM3028003C	SUSPENSION MAT IBK2 Linha 2	25/09/2019	12/10/2019	159	41
LM3028001C	LINHA SUSP MAT EDISON	01/10/2019	19/10/2019	151	42
LM9928002F	Linha montagem SUSPENSION MAT IBK I	11/10/2019	26/10/2019	144	43
LM0028001F	L Montg SUSP. MAT TACHI	15/10/2019	02/11/2019	142	44
LM3028002F	LINHA SUSPENSION MAT B02E	22/10/2019	09/11/2019	61	45
LM8328001C	Linha montagem SUSPENSION MAT BMW	29/10/2019	16/11/2019	44	46
LM2228001C	Linha Montagem BJA/HJB Susp. Mat	07/11/2019	23/11/2019	36	47
LM3017001F	LINHA REGULADORES LOMBARES X85 BJA	14/11/2019	30/11/2019	4	48

Figura 66 – PMP para as Linhas de Montagem (*Suspension Mat*)

Devido à complexidade destas máquinas, e com o foco em realizar manutenções mais assertivas a partir de análises realizadas num relatório A3, optou-se por dividir as atividades pelos postos de trabalho destas máquinas, sendo realizadas aos fins de semana, um posto por vez, como por exemplo: posto de enrolamento, a seguir posto de dobragem e assim por adiante, até finalizar toda a Linha de Montagem. A Figura 67, apresenta o PDCA referente as ações para as Linhas de Montagem.

ANALYSE		----- PLAN -----				Ganho Previsto	DO	CHECK	ACT
N	Main Causes/Sources (5Why/Ishikawa, DOE)	Actions (use short sentences in the active form, e.g: "prepare this", "make that", ...)	Resp (AA)	Resources (EP x)	Date (dd-M mm)		Date (dd-M mm)	Process (I-AA-XX/XX-999)	People (audit %)
1	Ajustar a manutenção preventiva	Antecipar e ajustar as manutenções em função dos problemas do dia a dia	JPS		01/out		05/out	Análise aos indicadores de desempenho	MSC/JPS
2	Melhorias	Substituição de peças soldadas (análise deve ser feita durante as manutenções)	MSC/JPS		01/out			Análise aos indicadores de desempenho	MSC/JPS
3	Recursos técnicos	Garantir um elemento para todos os sábados para ajudar nas manutenções dos Suspension Mats	MSC		05/out		05/out	Garantir execução das atividades	MSC/JPS
4	Ajustar a manutenção preventiva	Dividir as manutenções preventivas pelos postos de trabalho das máquinas em função das necessidades.	JPS		05/out		05/out	Garantir execução das atividades	MSC/JPS
5	Melhorias	Excutar melhoria no suporte da correia do Tachi para evitar desgaste dos rolamentos e veio	MSC/JPS		17/out		26/out	Alterar o conceito da peça	MSC/JPS
6	Melhorias	Plano de melhorias e manutenção ao IBK3 e IBK4	MSC/JPS		23/out		29/nov	Alterar sistema de introdução dos tubos	MSC/JPS
7	Melhorias	Alterar o conceito das peças do posto dos castelos que partem constantemente	JPS		24/out		08/nov	Análise aos indicadores de desempenho	MSC/JPS

Figura 67 – PDCA em do relatório A3 relativamente as manutenções das linhas de montagem.

A priorização das ações a serem realizadas, foram definidas com o auxílio de relatório A3, onde a partir dos tempos de imobilização dos equipamentos era definido um *ranking* de criticidade destes.

A Figura 68, exemplifica um levantamento feito na semana 39, relativamente aos tempos de imobilização.

Equipamento/Posto/Categoria Semana 39	Tempo de Imobilização	Tempo de intervenção	Tempo de esp
⊗ L Montg SUSP. MAT. 4 IBK/ lordose	413,50	319,72	95,45
⊗ LINHA SUSPENSION MAT IBK2 linha 1	409,47	337,78	77,43
⊗ L Montg SUSPENSION MAT IBK_DAG_Cpt chair	401,12	308,18	109,60
⊗ SUSPENSION MAT IBK2 Linha 2	283,95	225,28	64,27
⊗ Linha montagem SUSPENSION MAT IBK	254,15	204,65	71,27
⊗ ENROLAMENTO GANCHOS SOLTOS IBK2	35,92	27,17	9,52
⊗ SUSPENSION MAT IBK2 Linha 3	3,85	1,68	2,17
Grand Total	1 801,95	1 424,47	429,70

Figura 68 – Análise aos valores de imobilização das linhas de montagem na semana 39.

Ainda com o auxílio do relatório A3, foi definida a necessidade de mais um elemento externo para auxiliar nas atividades de manutenção, assim como priorização das máquinas consoante as necessidades apresentadas e divisão das atividades de manutenção por postos de trabalho. Deste modo, o plano inicial da Figura 66, passou a ser constantemente alterado conforme era necessário, respeitando o prazo de 15 dias de antecedência da data da intervenção.

5.1.3 PMP aplicado nas Máquinas de Conformação de Arame (CNC)

Após reunião com o técnico responsável por este grupo de equipamentos, e após uma análise feita ao estado destes, foi constatada a necessidade de substituição de grande parte das suas peças de desgaste, peças estas com um custo elevado. Então, de modo a ajustar os custos destas ao orçamento disponível, optou-se pela execução de duas máquinas por mês. Devido ao facto de ter que alargar o prazo destas ações de manutenção, então no decorrer do planeamento foram realizadas algumas manutenções corretivas programadas.

5.1.4 PMP aplicado nas Máquinas de Injeção de Plástico

O PMP para a parte hidráulica das máquinas de injeção de plástico da FicoCables já estava definido desde o início do ano de 2019, existindo um contrato com um fornecedor externo para execução do mesmo. Até agosto, muitas das ações de manutenção encontravam-se em atraso, conforme o gráfico da Figura 69.

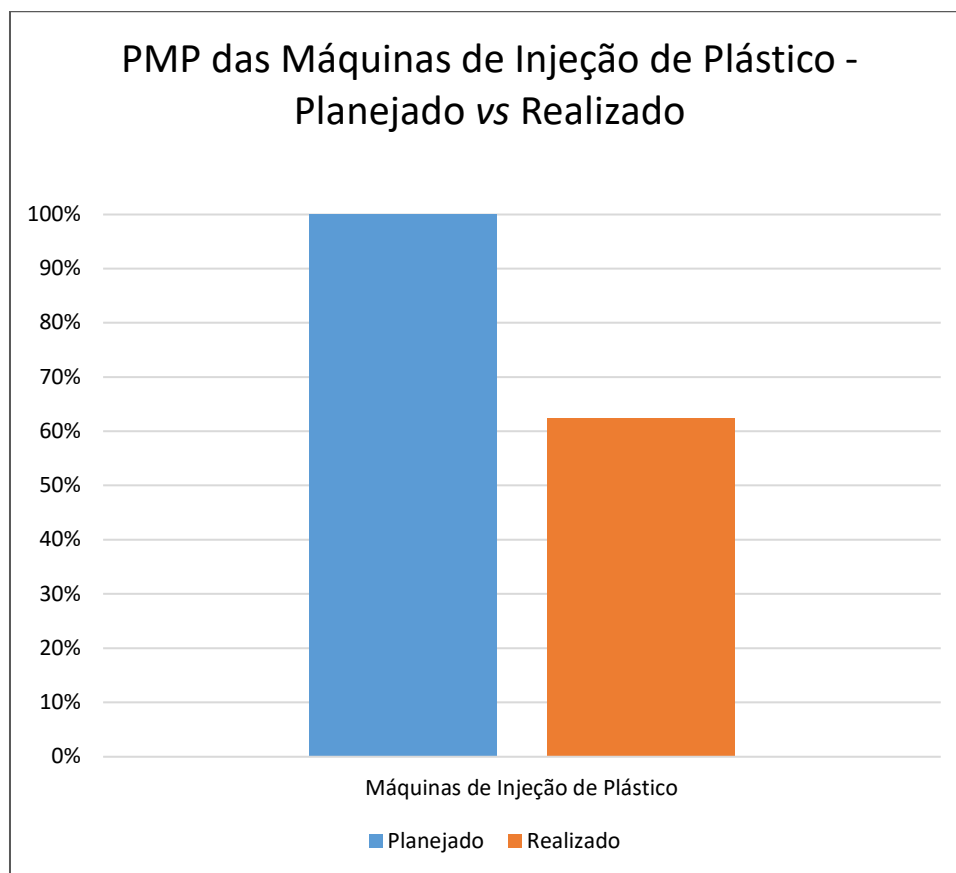


Figura 69 – PMP das máquinas de injeção de plástico - Planeado vs Realizado.

Como evidenciado através do gráfico da Figura 69, o PMP não estava a ser cumprido, pois muitas ações de manutenção encontravam-se em atraso. Então, foi necessária a replanificação das atividades, de modo a realizá-las até ao fim do ano de 2019, conforme estava definido no contrato anual com o fornecedor. O plano foi ajustado, em seguida validado com a produção, e entregue ao fornecedor para ser validado. O planeamento obedeceu ao esquema apresentado na Figura 70.

No Equipame	Desig Equipamento	Localização	Semestral	Anual
IPT_00003F	MÁQUINA INJEÇÃO PLÁSTICO TAYU Nº22	UAP 4	23/05/2019	01/02/2019
IPT_00002F	MÁQUINA INJEÇÃO PLÁSTICO TAYU Nº21	UAP 4	23/05/2019	01/02/2019
IPM_00004F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00004F Nº14	UAP 4	09/02/2019	09/05/2019
IPM_00005F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00005F Nº13	UAP 4	09/02/2019	09/05/2019
IPM_00008F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00008F Nº18	UAP 4	06/07/2019	28/05/2019
IPM_00022F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00022F Nº20	UAP 4	16/03/2019	03/06/2019
IPM_00023F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00023F Nº19	UAP 4	16/03/2019	07/06/2019
IPM_00011F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00011F Nº5	UAP 4	06/02/2019	05/10/2019
IPM_00012F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00012F Nº6	UAP 4	06/02/2019	07/10/2019
IPM_00015F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00015F Nº4	UAP 4	16/02/2019	12/10/2019
IPM_00009F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00009F Nº2	UAP 4	09/03/2019	14/10/2019
IPM_00010F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00010F Nº1	UAP 4	09/03/2019	16/10/2019
IPM_00013F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00013F Nº7	UAP 4	16/03/2019	19/10/2019
IPM_00014F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00014F Nº3	UAP 4	16/02/2019	26/10/2019
IPM_00016F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00016F Nº9	UAP 4	30/03/2019	21/10/2019
IPM_00017F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00017F Nº10	UAP 4	30/03/2019	23/10/2019
IPM_00018F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00018F Nº12	UAP 4	06/05/2019	06/11/2019
IPM_00020F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00020F Nº11	UAP 4	06/05/2019	09/11/2019
IPM_00002F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00002F Nº16	UAP 4	06/05/2019	11/11/2019
IPM_00001F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00001F Nº15	UAP 4	06/05/2019	13/11/2019
IPM_00006F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00006F Nº17	UAP 4	25/05/2019	23/11/2019
IPM_00019F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00019F Nº8	UAP 4	24/06/2019	25/11/2019
IPT_00001F	MÁQUINA INJEÇÃO PLÁSTICO TAYU Nº17	UAP 4	27/11/2019	28/05/2019
IPM_00003F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00003F Nº13	UAP 4	05/10/2019	28/12/2019

Figura 70 – PMP para as máquinas de injeção de plástico.

Foi então, durante a execução destas ações de manutenção que, com vista a ter maior controlo sobre as atividades que eram realizadas, foi definido pela Direção do DMI a utilização de um elemento interno para acompanhar e auxiliar nas ações de manutenção, e também garantir que este tivesse formação necessária para ter condições de executar as atividades necessárias.

5.1.4.1 PMP aplicado nos robôs manipuladores das Máquinas de Injeção de Plástico

Após a retificação ao PMP das máquinas de injeção de plástico, foi então realizado o plano para os robôs manipuladores. O plano foi ajustado em função de se realizarem as ações de manutenção aos sábados, quando existia maior disponibilidade das máquinas por parte da produção.

Juntamente com a planificação das máquinas, realizou-se também a criação de uma *check-list* com as atividades a serem realizadas nos robôs manipuladores, conforme mostrado no Subcapítulo 4.1.3.

Após a primeira ronda realizada nos robôs, foi acordado com a DMI a contratação de serviço externo, de modo a aproveitar a paragem das máquinas para manutenção preventiva ao sistema hidráulico durante a semana, e assim realizar a manutenção do robô manipulador em paralelo. Para tal, foram contratados dois elementos com vista a realizar a manutenção preventiva de dois robôs manipuladores a cada intervenção. O cronograma com as datas das intervenções, era disponibilizado no Sistema Informático utilizado na empresa, e também numa pasta compartilhada entre o Departamento de Manutenção e o Departamento da Produção, Figura 71.

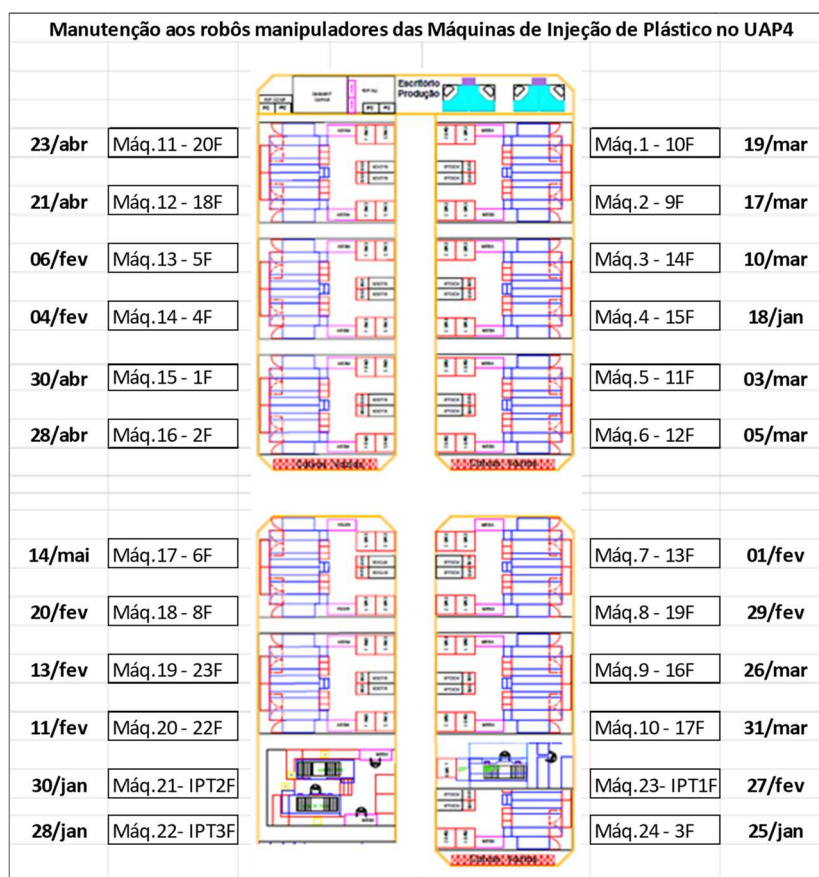


Figura 71 – Mapa com o plano de manutenção dos robôs manipuladores das máquinas de injeção de plástico.

5.1.5 Resultados obtidos com o novo modelo de gestão do Plano de Manutenções Preventivas

Tendo em consideração que o novo modelo de gestão foi estruturado de melhor forma e com maior controlo das atividades, foram observadas melhorias significativas no cumprimento do PMP. O facto de iniciar as atividades com quinze dias de antecedência à data da intervenção, possibilitou uma melhor gestão da equipa técnica, gestão dos custos e gestão das peças de reposição em armazém, assim como disponibilidade dos ativos para o planeamento da produção.

Foram observados também, bons resultados em termos de qualidade das atividades de manutenção, uma vez que a partir do histórico obtido e através de análises do relatório A3, era possível atacar a causa raiz do problema, realizando uma manutenção mais assertiva.

A Figura 72, apresenta um gráfico com os resultados obtidos para a taxa de cumprimento do PMP da UAP 4.

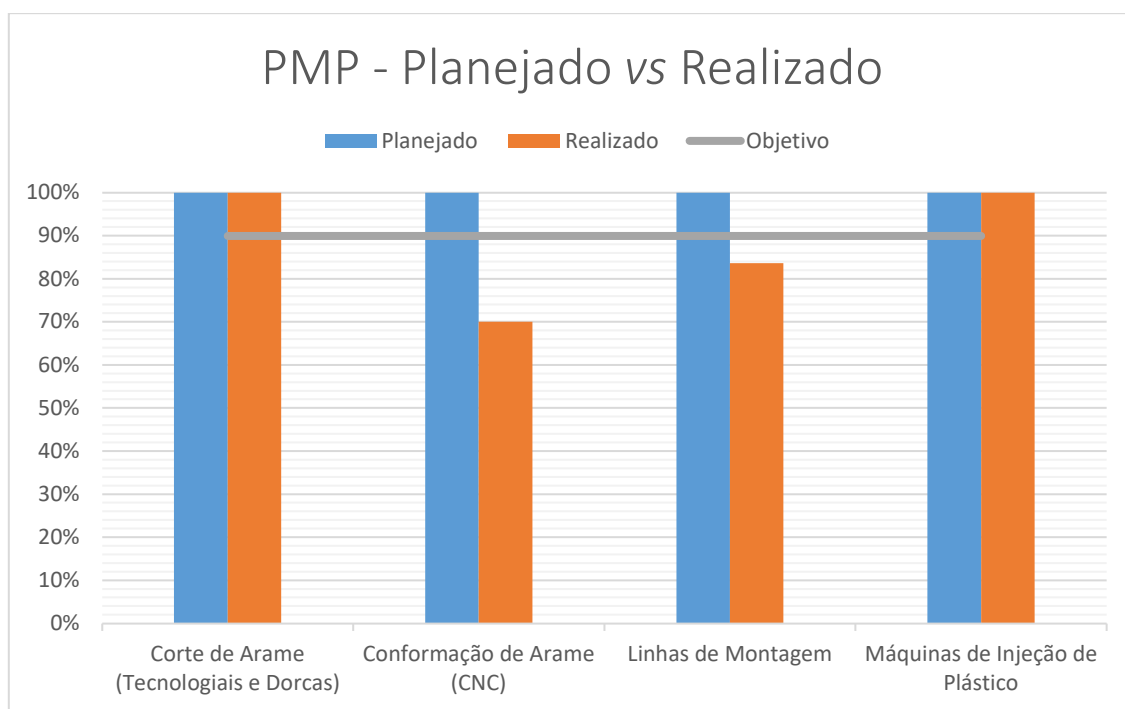


Figura 72 – PMP Planejado vs Realizado.

Após a análise dos resultados das taxas de cumprimento do novo PMP, que engloba um período entre setembro de 2019 a fevereiro de 2020, e comparando com os valores obtidos apresentados no gráfico da Figura 17, que engloba o período anterior ao início das atividades, de janeiro até agosto de 2019, verificou-se que para o grupo de máquinas de conformação de arame dos tipos Tecnológico e Dorcas, os resultados apresentados de 100%, foram superiores aos resultados de 54% apresentados anteriormente. As intervenções eram realizadas em dois dias (segunda-feira e terça-feira), e onde foi destinado um técnico só para a realização destas atividades durante esses dois dias. Assim sendo, foi possível atingir um resultado superior aos 90% estipulados pela Direção da Manutenção.

Para as máquinas de conformação de arame tipo CNC, os resultados de 70% mostraram-se superiores aos números anteriormente apresentados, ou seja, 43%, mas ainda não satisfatórios. Esse resultado ficou a dever-se ao alto custo das peças de desgaste, onde muitas delas já apresentavam necessidade de substituição.

Para as linhas de montagem, os resultados de 83,6% ficaram um pouco abaixo do esperado, mas superou os valores de 50% apresentados anteriormente. As intervenções nas linhas de montagem eram realizadas aos sábados. Para tal, foi estipulado que o técnico responsável pela manutenção deveria contar sempre com a ajuda de um segundo técnico contratado através de fornecedores externos. As atividades destinadas às linhas de montagem encontravam-se ainda em curso no final do período em que o presente trabalho foi realizado.

As ações de manutenção nas máquinas de injeção de plástico são da responsabilidade de fornecedores externos, sob contrato anual. Deste modo, foi ajustado com a produção a paragem das máquinas que se encontravam com a manutenção em atraso, permitindo a realização de 100% do planeamento das manutenções semestrais e anuais do ano de 2019.

5.2 Indicadores Existentes e Novos Indicadores Implementados

A FicoCables é uma empresa que está em constante evolução num processo de melhoria contínua. Nesse sentido, os indicadores assumem um papel fundamental para o acompanhamento deste processo. Nesta secção, serão abordados os indicadores previamente estabelecidos na empresa e os novos indicadores que foram implementados e estão em fase de desenvolvimento.

5.2.1 Indicadores Preexistentes e Sua Evolução Global

O Departamento de Manutenção da FicoCables analisava cinco tipos de indicadores principais: Imobilização, MTTR, Custos, Taxa de cumprimento do PMP e OEE. Estes indicadores são analisados pelo Departamento de Manutenção e trabalhados em formato de relatório A3, onde os valores dos indicadores são avaliados e tratados. Seguidamente, serão analisados detalhadamente estes indicadores e os novos indicadores implementados, aos quais podem estar associados fatores importantes de análises, atendendo à evolução da empresa e da manutenção ao longo do tempo.

5.2.1.1 Taxa de Cumprimento de Manutenção Preventiva

O indicador taxa de cumprimento de manutenção preventiva é a relação entre o número de ações planeadas relativamente ao número de ações realizadas, Tabela 43.

Tabela 43 – Fórmula de cálculo para a Taxa de Cumprimento de Manutenção Preventiva.

Indicador	Fórmula de cálculo	Fonte dos dados
Taxa de Cumprimento do Plano de Manutenção Preventiva	$\frac{\text{Atividades realizadas}}{\text{Atividades planeadas}}$	Registo manual no sistema informático

O registo da O.T. é de natureza manual, sendo que os técnicos de manutenção efetuam o registo no sistema informático logo após a finalização do trabalho. A O.T. é registada no sistema desde o início de cada ano, onde o técnico de manutenção responsável por tal atividade, deve iniciar a atividade no sistema e finalizar ao fim de cada tarefa de manutenção.

As ações analisadas neste indicador relacionam várias atividades do gênero preventivo, sendo inseridas no sistema informático com a definição do nível da atividade e seu responsável, nomeadamente:

- Rotinas de inspeção dos equipamentos em funcionamento ou em paragem;
- Rotina de lubrificação;
- Rotina de manutenções de primeiro nível;
- Rotina de limpeza técnica dos equipamentos.

A evolução deste indicador pode ser observada a partir de janeiro de 2019, onde, mesmo apresentando em alguns meses valores satisfatórios em termos quantitativos, foi possível observar através do histórico dos equipamentos que as manutenções aplicadas não apresentavam a eficiência desejada. Os valores de imobilização e MTTR que serão apresentados seguidamente podem mostrar-nos com mais clareza esta informação. A Figura 73, apresenta os valores obtidos no indicador Cumprimento de manutenção preventiva.

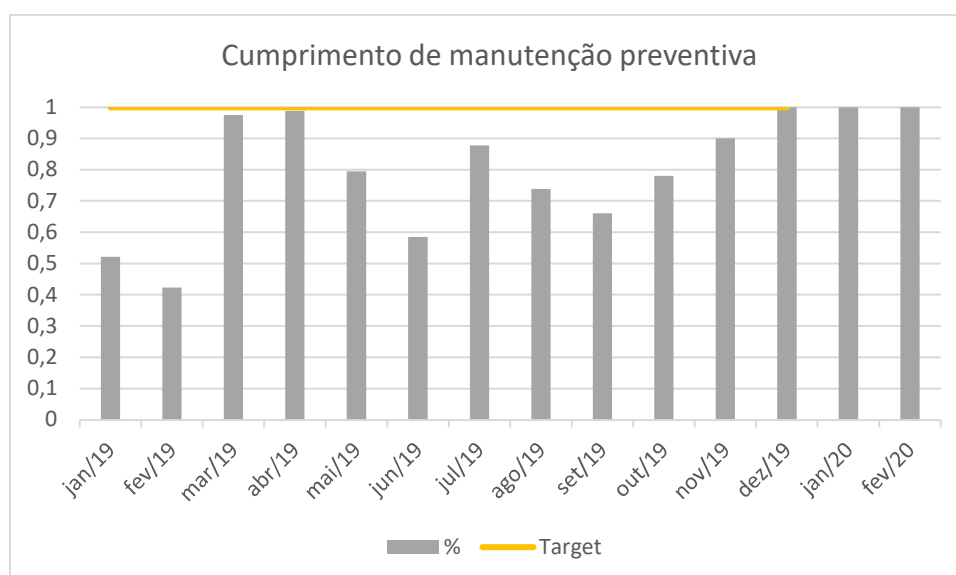


Figura 73 – Valores obtidos para a Taxa de Cumprimento do Plano de Manutenção Preventiva.

Pode verificar-se que a partir de setembro de 2019, mês em que foi iniciado o novo plano de manutenção preventiva, mostrou um crescente exponencial até atingir os 100% em dezembro desse mesmo ano.

5.2.1.2 Imobilização

O indicador para o tempo de imobilização consiste no intervalo de tempo em que o equipamento tem o seu funcionamento interrompido por uma falha, até ao momento em que retoma o seu funcionamento.

Este indicador é calculado pelo sistema informático, que realiza o somatório do tempo em que o equipamento esteve inativo devido a uma falha. O sistema informático, realiza

o cálculo consoante o registo das O.T.'s realizado pelos operadores do equipamento, que na descrição da O.T. caracteriza se após a falha o equipamento apresenta imobilização ou não, como por exemplo: equipamento apresenta alguma anomalia, mas opera normalmente, neste caso pode ser registrada uma O.T. para uma corretiva programada. O cálculo para Tempo de Imobilização é dado através da expressão da Tabela 44.

Tabela 44 – Fórmula de cálculo do tempo de imobilização.

Indicador	Fórmula de cálculo	Fonte dos dados
Tempo de Imobilização	$\sum \text{Horas de paragem por falhas}$	Registo manual no sistema informático ou através de contador automático do equipamento.

Nos registos presentes no DMI, foram obtidos os seguintes valores para o tempo de imobilização dos equipamentos, Figura 74.

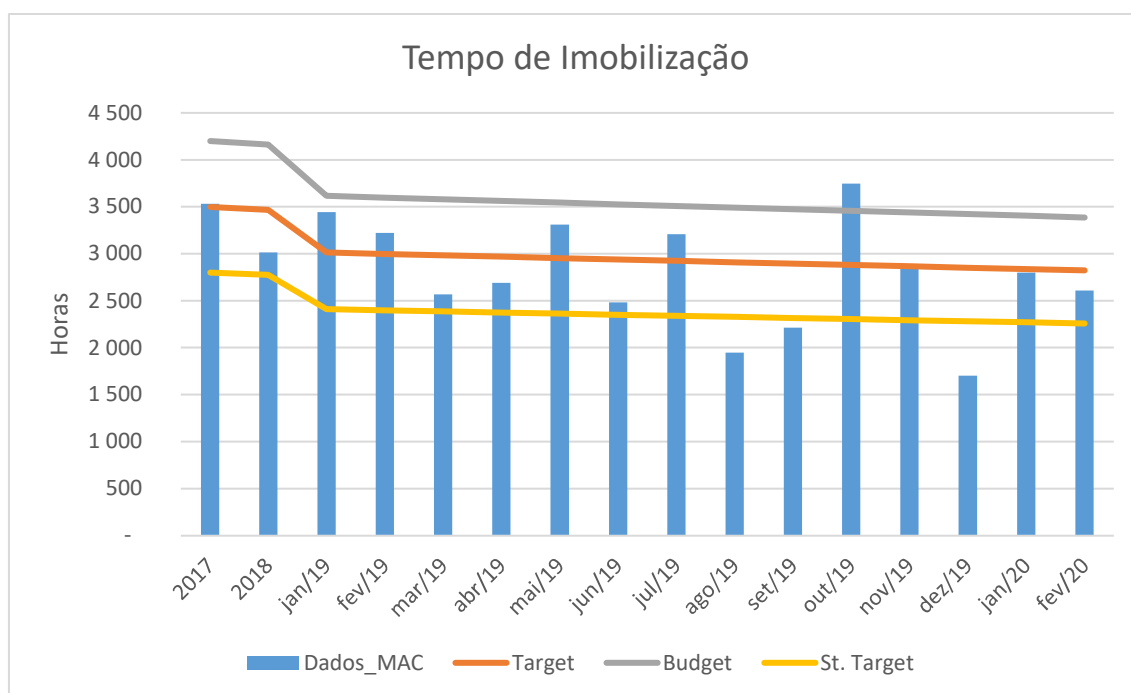


Figura 74 - Valores obtidos para o tempo de Imobilização.

Os meses de agosto, setembro e dezembro, apresentam valores mais baixos devido a uma redução típica da taxa de produção e pelo período de férias dos colaboradores.

Após retomada a produção total em outubro, os valores de imobilização mantiveram-se acima do desejado. Com vista a reduzir estes valores, foram criadas e abordadas através de relatório A3 as ações descritas na Figura 75.

ANALYSE		----- PLAN -----				Ganho Previsto	DO	CHECK	ACT
N	Main Causes/Sources (5Why/Ishikawa, DOE)	Actions (use short sentences in the active form, e.g: "prepare this", "make that", ...)	Resp (AA)	Resources (€ x)	Date (dd-Mmm)		Date (dd-Mmm)	Process (I-AA-XX/XX-999)	People (audit %)
1	Poucos recursos alocados ao UAP4	Ajustar os turnos para mais apoio técnico no 2º Turno no UAP4 e apoio directo com o Bruno Pinheiro	MSC		01/out		29/nov		
2	Ajustar a manutenção preventiva	Antecipar e ajustar as manutenções em função dos problemas do dia a dia	MSC/JPS		05/out				
3	Peças em estoque	Garantir estoque das peças de desgaste e de maior consumo	MSC/JPS/AG		05/out		29/nov		
4	Setup	Melhoria no setup das tremonhas das máquinas de injeção de plástico	MSC/JPS		24/out		10/nov		
5	Indicadores MTBF	Implantação do MTBF	MSC/JPS		25/out		20/dez		

Figura 75 - PDCA no relatório A3 relativamente às ações para redução dos tempos de imobilização.

Analisando as ações aplicadas e observando os valores apresentados no gráfico da Figura 75 a partir de novembro, os resultados passaram a exibir valores satisfatórios e dentro do esperado.

Indicadores como MTTR e MTBF, têm influência direta nos valores obtidos nos tempos de imobilização, uma vez que o tempo de imobilização está ligado à indisponibilidade do equipamento, e é calculado através da fórmula exibida na Tabela 45.

Tabela 45 – Fórmula de cálculo de indisponibilidade.

Indicador	Fórmula de cálculo	Fonte dos dados
Indisponibilidade	$1 - \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$	Registo manual no sistema informático

Com vista a reduzir o tempo de imobilização dos equipamentos, então foi decidido junto da Direção do DMI, a implementação do indicador MTBF, de modo a filtrar os equipamentos mais críticos e preparar ações de melhorias para estes.

O indicador MTTR já era utilizado na empresa ao longo dos últimos anos, e no subcapítulo a seguir, serão apresentados os valores obtidos no ano de 2019 até fevereiro de 2020.

5.2.1.3 MTTR

O indicador MTTR é o cálculo aplicando a média de tempo empregado para executar uma reparação após a ocorrência de uma falha. O cálculo do MTTR se dá através da seguinte fórmula, Tabela 46.

Este indicador é oriundo do registo da O.T. realizado pelo técnico no sistema informático, onde ao iniciar as atividades de reparação de uma falha, se inicia o contador de tempo em que o técnico está dedicado a tal atividade, devendo fechar a O.T. no sistema após o fim da atividade.

Tabela 46 – Fórmula de cálculo do indicador MTTR.

Indicador	Fórmula de cálculo	Fonte dos dados
MTTR (Mean Time To Repair)	$\frac{\text{Tempo total de reparação}}{\text{Número total de falhas}}$	Cálculo realizado pelo sistema informático consoante o registro manual das O.T.'s no sistema.

Este indicador permite identificar os pontos em que o técnico teve maiores dificuldades para executar tal tarefa, dado o nível da reparação em que este esteve envolvido. Assim, é possível analisar se o tempo gasto está dentro do esperado para o desempenho de tal atividade. Esta análise permite entender os reais motivos pelo longo tempo despendido em determinada ação, sendo ele direto ou indireto, como por exemplo: falta de peças em *stock*, falta de conhecimento técnico do equipamento, dificuldades para aceder ao problema, entre outras causas possíveis.

A DMI da Ficocables, apresentou os seguintes valores de MTTR, no período entre janeiro de 2019 a fevereiro de 2020, Figura 76.

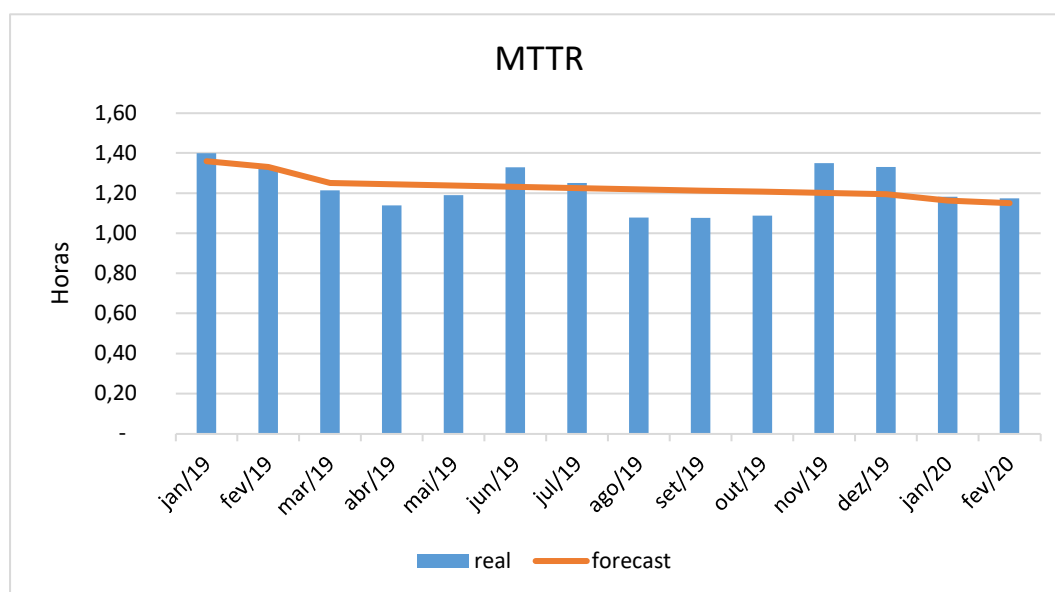


Figura 76 – Gráfico com os valores de MTTR da Ficocables.

A partir das análises feitas pela Direção do DMI da FicoCables aos indicadores de MTTR, as seguintes ações de melhorias foram abordadas no relatório A3 e posteriormente aplicadas, Figura 77.

ANALYSE		----- PLAN -----				Ganho Previsto	DO	CHECK	ACT
N	Main Causes/Sources (5Why/Ishikawa, DOE)	Actions (use short sentences in the active form, e.g: "prepare this", "make that", ...)	Resp (AA)	Resources (P x)	Date (dd-M mm)		Date (dd-M mm)	Process (I-AA-XX/XX-999)	People (audit %)
1	Falta de Polivalencia	Aumentar a polivalencia entre os elementos da manutenção	MSC		08/jun		31/dez		
2	Falta de Rotatividade	Criar plano de rotatividade dos elementos pelas UAPs	MSC		30/jun		31/dez		
3	Aumentar a independencia	Aumentar o conhecimento e potencialidade de executar mais serviços internos	MSC		30/jul		31/dez		
4	Polivalencia no armazém	Aumentar a polivalencia no armazém de peças para diminuir o tempo de entrega de peças e execução de encomendas	MSC		30/ago		31/dez		
5	Armazem	Procurar fornecedores alternativos para diminuir o tempo de entrega de materiais	MSC		17/out		17/mar		100%
6	Armazem	Negociar com fornecedores para criar stock de materiais nas suas casas ou no nosso armazém à consignação para evitar entregas de materiais com prazos longos	MSC		15/nov		30/jul		

Figura 77 - PDCA das ações abordadas no relatório A3 para o indicador MTTR.

5.2.1.4 MTBF

O indicador MTBF, não era utilizado na FicoCables até dezembro de 2019. Devido à necessidade de reduzir os tempos de imobilização e de melhoria na qualidade da manutenção preventiva, em outubro de 2019 surgiu a necessidade em utilizar este indicador, o qual foi implantado em janeiro de 2020, e passou a ser utilizado pelo DMI para acompanhamento do desempenho dos ativos. O MTBF, é o cálculo do período de tempo entre falhas de um determinado equipamento, o qual tem a sua média calculada por meio da expressão apresentada na Tabela 47. É utilizado o tempo total de desempenho natural num ciclo pré-estabelecido, o qual é dividido pelo número de falhas contabilizadas ao longo deste tempo.

Tabela 47 - Fórmula de cálculo do indicador MTBF.

Indicador	Fórmula de cálculo	Fonte dos dados
<i>MTBF (Mean Time Between Failure)</i>	$\frac{\text{Tempo total de operação}}{\text{Número total de avarias}}$	Cálculo realizado pelo sistema informático consoante o registo manual das O.T.'s no sistema.

Este indicador tem origem no registo da O.T.'s realizado pelo operador do equipamento no sistema informático, onde, ao detectar alguma anomalia ou paragem total no funcionamento do equipamento, este regista o tempo médio ocorrido entre essas paragens através das O. T's.

O DMI definiu um *target* para o MTBF de 40 horas/mês, onde nos dois meses de trabalho que foi utilizado, este apresentou valores superiores ao estipulado, Figura 78.

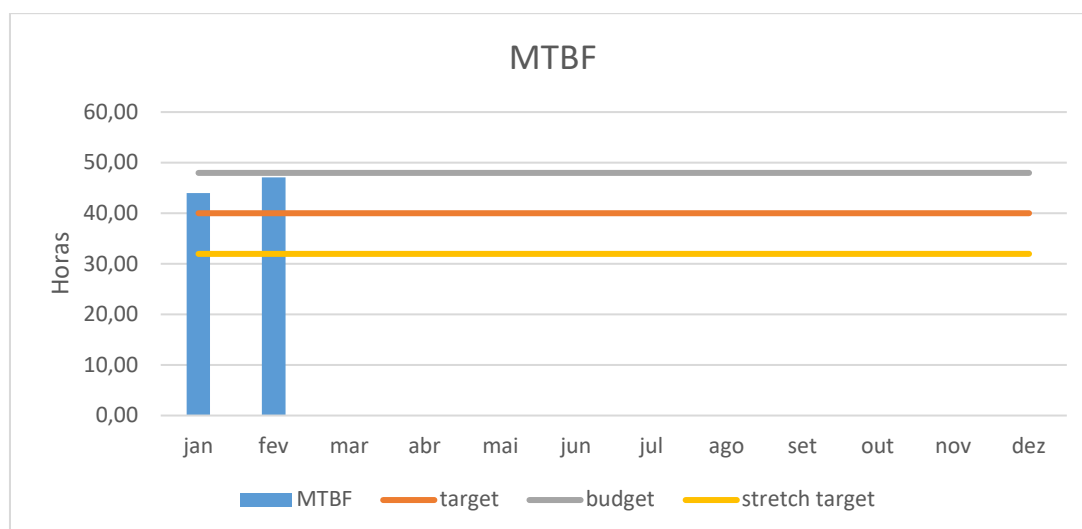


Figura 78 - Gráfico com os valores de MTBF da FicoCables.

Após análises dos valores apresentados nas primeiras semanas de implementação, e analisando os outros pontos fracos apresentados através dos demais indicadores, foram apresentadas as seguintes ações indicadas na Figura 79, como forma de atingir os valores de *target* estipulados pelo DMI.

ANALYSE		----- PLAN -----				Ganho Previsto	DO	CHECK	ACT
N	Main Causes/Sources (5Why/Ishikawa, DOE)	Actions (use short sentences in the active form, e.g: "prepare this", "make that", ...)	Resp (AA)	Resources (Px)	Date (dd-Mmm)		Date (dd-Mmm)	Process (I-AA-XX/XX-999)	People (audit %)
1	Manutenção preventiva	Criar rotinas de inspeção das manutenções de primeiro nível	MSC/JPS		13/jan		10/fev	Definir elementos responsável pela execução e outro pela checagem	
2	Melhorias	Realizar melhorias necessárias nos equipamentos mais críticos	MSC/JPS		22/jan			Definir criticidade apartir dos valores aqui apresentados	

Figura 79 - PDCA das ações abordadas em relatório A3 para o indicador de MTBF.

No fim da realização deste trabalho, as ações abordadas acima encontravam-se ainda em curso.

5.2.1.5 OEE

Conforme foi abordado no capítulo 2.3.5., o indicador OEE é utilizado para medir a eficiência global de um sistema produtivo, onde este é composto por três fatores, Tabela 48.

Tabela 48 - Fórmula de cálculo do indicador OEE.

Indicador	Fórmula de cálculo	Fonte dos dados
OEE	Disponibilidade x <i>Performace</i> x Qualidade	Cálculo realizado pelo sistema informático consoante o registo semanal dos indicadores das diferentes áreas da produção.

Cumpre aqui destacar que a manutenção tem um impacto direto na disponibilidade dos equipamentos, devendo garantir a maior disponibilidade possível, e assim contribuir de forma positiva para o OEE. Os dados para este indicador, são obtidos através dos registos manuais realizados no sistema informático, efetuados sob responsabilidade da produção. Os valores do indicador OEE de 2019 obtidos na UAP 4, são apresentados no gráfico da Figura 80. Os valores obtidos de 2017 a 2020 estão separados por módulos de produção.

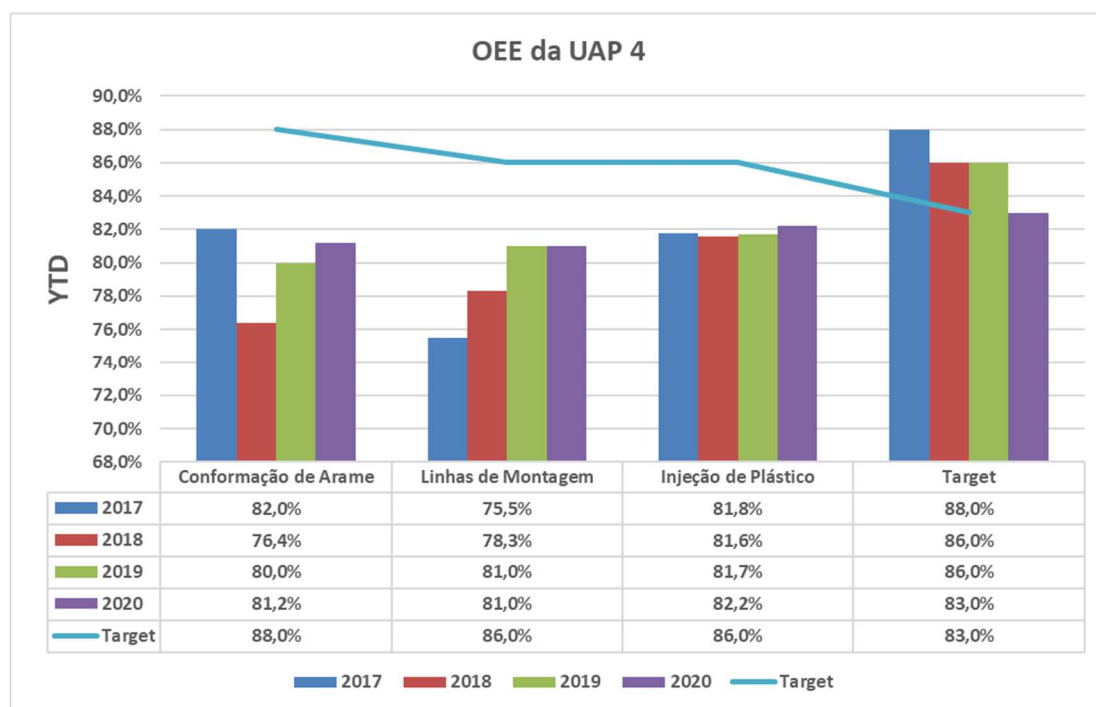


Figura 80 – Valores de OEE da Conformação de Arame.

Analisando os valores obtidos para o indicador OEE nos últimos anos na FicoCables, pode ser observada uma certa estabilidade em relação à evolução dos mesmos.

É importante ressaltar a influência direta que o módulo de conformação de arame pode ter nos resultados obtidos nos outros módulos, uma vez que este é responsável pela preparação de parte da matéria prima que será utilizada nas linhas de montagem e no

módulo de injeção de plástico. O mau funcionamento deste pode ocasionar paragens não programadas por falta de material nos módulos seguintes, fator que influencia diretamente e negativamente os valores do indicador OEE.

Quando observada a partir de 2017 a evolução do módulo de conformação de arame, nota-se uma queda de 82% para 76,4% no ano de 2018. Analisando os históricos do PDCA do relatório A3 desse ano, é possível identificar alguns fatores que estiveram na origem desta queda, Figura 81.

ANALYSE		----- PLAN -----		DO		CHECK	ACT
N	Main Causes/Sources (5Why/Shikawa, DOE)	Actions (use short sentences in the active form, e.g: "prepare this", "make that", ...)	Res n (AA)	Date (dd-M mm)	Date (dd-M mm)	Process (I-AA-XX/XX-999)	People (audit %)
1	Máquinas de injeção paradas por falta de arame .	Fazer seguimento diário a todas as máquinas , produtividades e ineficiências .	R.D	25/05/2017	25/06/2017		100%
2	Máquinas de arame paradas por falta do mesmo .	Analisar stock mínimo com logística externa para evitar paragens dos equipamentos .	R.D	27/06/2017	06/07/2017		100%
3	Baixo OEE Robomac, 3 máq. Com velocidade reduzida 30% .	Elaborar plano de manutenção , para planejar a devida paragem .	F.H	30/09/2017	30/04/2018- 25/05/18		50%
4	Baixo OEE Robomac , produzir ref.ª TEC 6	Iniciar produção da Tec 6 para fazer D2JO .	M.G	30/03/2018	20/06/2018		50%
5	Tec 8 com muitas paragens por afinações	Fazer levantamento de peças substituição e possíveis melhorias na máquina .	F.H M.G	06/04/2018			50%
6	Excesso de sucata da LBTc	Fazer levantamento de pc de desgaste e substituir .	F.H	30/06/2018			20%

Figura 81 – PDCA do relatório A3 relativa ao indicador OEE da conformação de arame.

Como observamos na Figura 81, as causas abordadas estão ligadas a diferentes áreas da empresa, e existem vários fatores que têm influência direta nos resultados obtidos por este indicador. Como mostrado nos itens (3, 4, 5 e 6), as máquinas apresentavam alguns problemas relativos a manutenção e necessidade de melhorias. Mesmo em 2019, alguns desses problemas ainda se faziam sentir, tais como: necessidade de manutenção preventiva e melhor gestão do *stock* de peças de desgaste. Com as melhorias aplicadas no novo PMP, observou-se uma subida do indicador de 2019 para 2020.

As linhas de montagem mostraram sempre uma boa evolução ao longo dos últimos anos. Esta melhoria pode estar ligada ao facto de ter existido a aquisição de novas linhas de montagem que foram instaladas na UAP 4, e que apresentam melhores capacidades de produção, e ainda menor desgaste, devido ao seu pouco tempo de uso.

As máquinas de injeção de plástico apresentaram-se estáveis nos últimos anos, onde em 2020 o valor apresentado de OEE superou os valores dos anos anteriores, fato que pode estar ligado a aplicação das ações de melhorias e do PMP aplicado neste módulo.

5.3 Implementação de Novos Indicadores

A definição de um plano de manutenção preventiva focado na criticidade dos equipamentos, permitiu ter conhecimento da necessidade dos tempos e materiais utilizados em cada O.T., possibilitando efetuar um melhor controlo financeiro. Deste modo, os indicadores de análise de custos foram igualmente melhorados, conforme se descreve seguidamente.

5.3.1.1 *Análise de Custos*

O indicador de Análise de Custos já era utilizado pelo DMI, mas após a mudança do Diretor do DMI, que iniciou a sua atividade na empresa em maio de 2019, foi entendido que seria necessário melhorar esse controlo financeiro. Então, foi realizada uma atualização do indicador de análise de custos já existente na empresa.

Antes da realização deste trabalho, o controlo do orçamento era realizado com base num valor mensal, face aos gastos totais em manutenção realizados até à data de fecho do mês. Este método não permitia a rastreabilidade dos custos por origem, área, linha ou equipamento.

Ao realizar um pedido de compra no sistema informático utilizado pela empresa, deve-se escolher a conta, que estão todas separadas por “tipo de serviço”, e depois selecionar o centro de custo, que está separado por “área ou grupo de equipamento”, aos quais os custos serão atribuídos. Este método utilizado pelo sistema, permite direcionar e filtrar melhor a que equipamentos ou linhas devem ser alocados os diversos custos. Aproveitando este facto, decidiu-se realizar análises de custo por áreas. A Figura 82 apresenta os custos separados por áreas, relativos aos meses de janeiro e fevereiro de 2019.

Row Labels	Sum of Amount SUM 1	Sum of Amount SUM 1_2
Material	98 117	33,81%
Rep. Instalações	79 364	27,35%
Rep. Equip	70 442	24,28%
Moldes	27 822	9,59%
Transportes	6 539	2,25%
ferramentas	4 364	1,50%
Consumiveis	2 004	0,69%
Segurança	1 144	0,39%
ferramentaria	365	0,13%
Grand Total	290 160,45 €	100,00%

Figura 82 - Análise dos custos do DMI alocados por área.

Ainda analisando estes custos, é possível separá-los por “custo fixo” e “custo variável”, consoante a conta em que estes foram inseridos.

Os valores despendidos nos custos de manutenção do ano de 2019 até fevereiro de 2020, podem ser observados na Figura 83. Estes são o somatório dos custos fixos e variáveis.

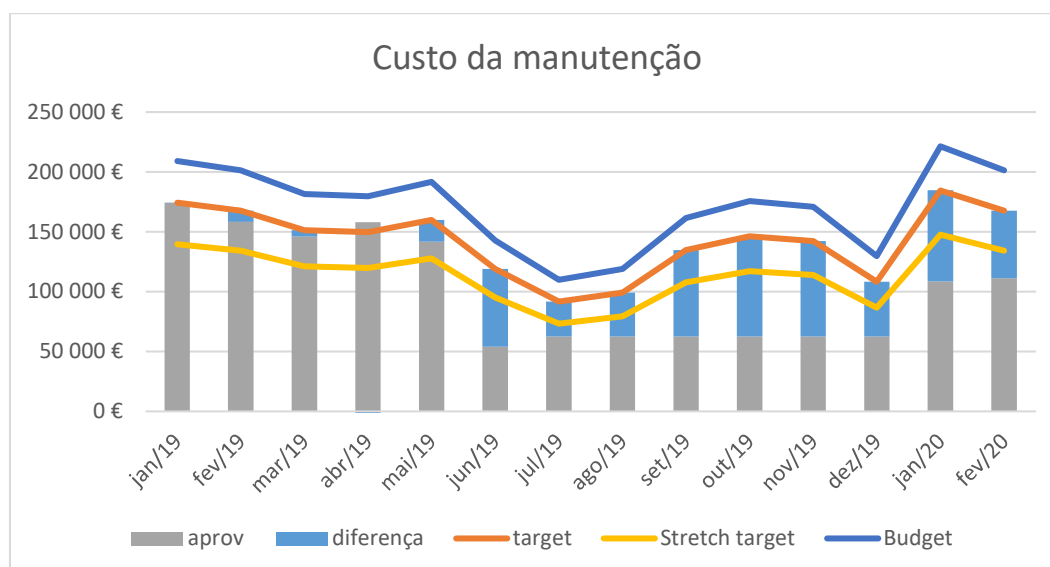


Figura 83 - Valores para o Indicador de Análises de Custos do DMI da Ficocables.

Analisando os valores apresentados, observamos um melhor controlo dos custos a partir da mudança na Direção do DMI e aplicação dos novos conceitos em manutenção preventiva e melhor controlo das atividades e dos custos. As ações de melhorias abordadas no relatório A3 e que deram origem a essa melhoria podem ser analisadas na Figura 84.

Até o fim do presente trabalho, algumas das ações mencionadas, ainda se encontravam em curso no DMI.

ANALYSE		----- PLAN -----				Ganho Previsto	DO		CHECK	ACT
N	Main Causes/Sources (5Why/Ishikawa, DOE)	Actions (use short sentences in the active form, e.g: "prepare this", "make that", ...)	Resp (AA)	Resources (EP X)	Date (dd-M mm)		Date Implementação	Eficácia (I-AA-XX/XX-999)	People (audit %)	
1	Gastos com as Laminas	Estudar alternativas às laminas de dos elevadores de Janela	MSC		18/set	3 500 €	20/jan	100%		
		Rectificação interna de laminas	MSC		02/jan	3 523 €	9/fev	100%		
2	Gastos com Bombas de Zamak	Limpeza interna e manutenção interna	MSC		02/jan	22 800 €	31/dez			
3	Gastos em Sensores	Encontrar solução para evitar a solução de afinação dos sensores (Kit da IFM + substituição dos sensores atuais por sensores de maior alcance: Exemplo M12 no fabrico de espiral)	MSC		09/jan	2 000 €	16/mar	100%		
4	Gastos em Cilindros	Recuperação de cilindros com a compra de kits de reparação em vez de cilindros novos nos cilindros de maior custo	MSC		02/jan	4 500 €	3/jan	100%		
5	Gastos em resistências e bicos de Zamak	Continuar com o Plano de implementação das Novas resistências (Maior potência e de maior durabilidade) e desenvolvimento de novo bico de zamak mais resistente e mais barato	MSC		03/jan	26 674 €	6/mar	100%		
6	Gastos com eletrodos	Retificação interna de eletrodos / inicio em Dezembro	MSC		03/jan	5 350 €	9/fev	100%		
7	Redução de custo c/ agulhas e aumento de disponibilidade	Procurar executar as agulhas de menor didiculdade internamente	MSC		01/set	3 000 €	31/dez			
7	Custos com rolos de laminagem	Desenvolver novo conceito que permita mais tempo de vida dos rolos	MSC		10/jan	4 280 €	31/dez			
8	Valores altos com punções da extrusão	Reparação dos punções usados	MSC		03/jan	900 €	17/jan	100%		
9	Valores de contratos de manutenção	Execução das manutenções com elementos internos e com redefinição de elementos na equipa	MSC		01/set	15 000 €	31/dez			
12	Valores de contratos de manutenção	Encontrar fornecedores alternativos para negociar valores de contratos	MSC		01/set	5 000 €	31/dez	100%		
13	Preventiva às Mq. De Injeção via fornecedor externo	Redução de um elemento externo e substituição por um elemento da casa	MSC		01/set	6 080 €	31/dez	100%		
14	Custos com peças de desgaste	Desenvolver novo conceito que permita mais tempo de vida as peças (régua BK, Contra lâmina das DORCAS)	JPS		01/out	1 500 €	31/dez	100%		
15	Contrato de Man. Preventiva das Mq. De Injeção	Retificação do contrato (reparo ou compra de peças podendo ser feito internamente ou via fornecedores alternativos)	MSC/JPS		01/jan	10 000 €	31/dez	100%		

Figura 84 - PDCA das ações abordadas em relatório A3 para redução dos custos.

Em paralelo com a análise de custos, podemos observar a evolução ao longo dos anos através de uma análise ao indicador para Valor de *Stock*, Figura 85.

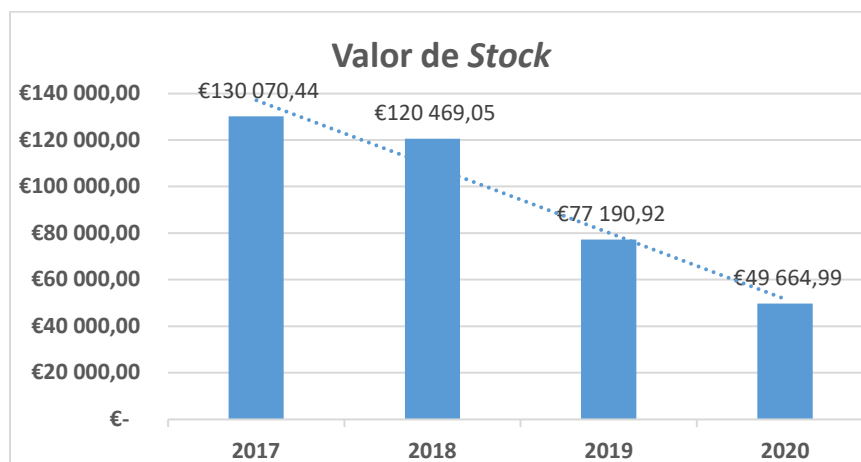


Figura 85 - Valores anuais para o Indicador de Valor de *Stock*.

Os valores apresentados no gráfico da Figura 85, são referentes aos valores do *stock* do armazém do DMI nos últimos anos. A redução apresentada do ano de 2017 para 2018 foi de aproximadamente 7,4%, de 2018 para 2019 sob a nova gestão no DMI, a redução foi de aproximadamente 35,9%, e de 2019 para 2020 a redução se manteve próxima, apresentando um valor de aproximadamente 35,7%.

5.4 Implementação de Manutenção Preventiva

Após implementar o novo plano de manutenção preventiva na UAP 4, este apresentou bons resultados face ao que estava inicialmente implementado. Então, o processo foi validado e estendido a toda a fábrica, englobando as demais UAP's (UAP 1, UAP 2, UAP 3, UAP 5).

Neste período, a partir de novembro de 2019, a Ficocables pela implantação de um novo sistema computacional, responsável por controlar a produção e as ações de manutenção. Como este novo sistema computacional se encontrava em fase de implementação, ao fim deste trabalho o plano não pode ser lançado no programa, sendo então compartilhado com a produção em formato de planilha do Excel em pastas compartilhadas.

A priorização das máquinas foi realizada através de um levantamento das máquinas com maior número de avarias, tendo sido elaborado um diagrama de Pareto com o "TOP 45", Figura 82. Conforme mostra a Figura 86, as manutenções foram programadas para serem realizadas considerando duas máquinas por semana. Os demais equipamentos foram relegados para o segundo semestre de 2020, podendo algum ser antecipado consoante as necessidades apresentadas.

Visto existir a necessidade de mais elementos para a implementação do Plano de Manutenção Preventiva, foi então realizada uma redistribuição da equipa de manutenção e também um aumento da contratação de serviço externo, conforme Tabela 49.

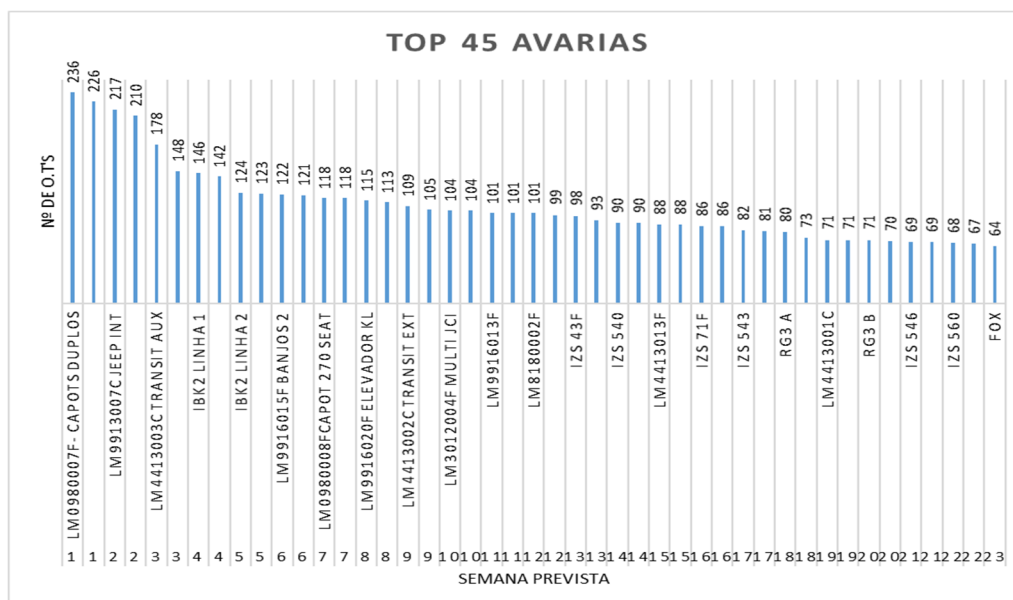


Figura 86 - TOP 45 equipamentos com mais avarias.

Tabela 49 - Organização das equipas de manutenção por grupo de equipamentos.

Grupo de Equipamentos	Equipe
Máquinas de Corte	Equipa externa.
Máquinas de Zamak	Técnico interno exclusivo para este grupo de equipamentos.
Linhas de Montagem (<i>Suspension Mat</i>)	Dois técnicos internos + um elemento externo.
Linhas de Montagem	Nove elementos internos destinados a este grupo de equipamentos.
Máquinas de Injeção de Plástico	Equipa externa + elemento interno.
Conformação de Arame (Tec's e DORCAS)	Técnico interno exclusivo para este grupo de equipamentos.
Conformação de Arame (CNC)	Técnico interno exclusivo para este grupo de equipamentos.
Fábricas de Espiral + Extrusoras	Técnico interno exclusivo para este grupo de equipamentos + Equipa externa.

Este método de distribuição da equipa de manutenção, permitiu melhor controlo das atividades, assim como uma maior atribuição de responsabilidade aos elementos, onde alguns deles fazem a gestão das peças necessárias para a manutenção, como por exemplo, as máquinas de Zamak onde, por norma, se deve ter um mecanismo completo da frente da máquina em *stock*, sendo o técnico o responsável por esta gestão. Ao

extrair um mecanismo, o técnico substitui pelo outro que estava em *stock* e solicita ao armazém as peças necessárias para reparar o antigo. O mesmo acontece com as extrusoras, as máquinas de fabrico de espiral e as máquinas de conformação de arame.

Para todas as Linhas de Montagem, o levantamento das peças era realizado com uma antecedência de duas semanas. Deste modo, o novo plano de manutenção preventiva da FicoCables ficou estruturado de forma cíclica, conforme mostrado na Figura 87.



Figura 87 - Ciclo do PMP da FicoCables.

Este processo aplicado em contínuo no DMI da FicoCables, permitiu obter uma melhor estruturação do mesmo, em que todos os elementos têm um maior envolvimento nesse mesmo processo. A estrutura passou a estar organizada da seguinte forma, Figura 88.

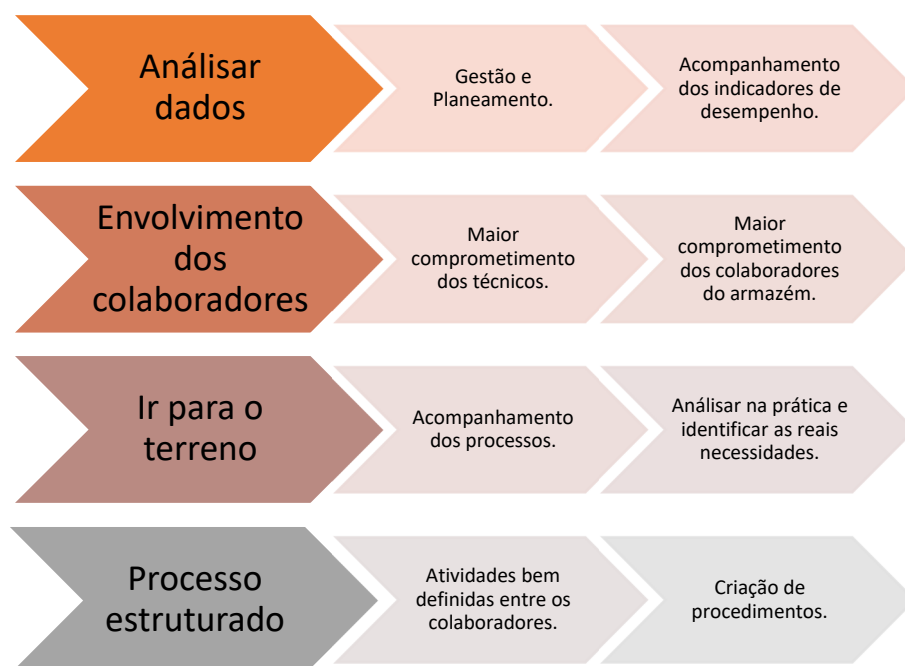


Figura 88 - Estrutura dos processos do DMI.

A reestruturação do DMI está a passar por ser uma mudança na cultura que vinha sendo seguida há anos dentro da empresa. Neste período, o DMI passou por algumas mudanças na equipa de manutenção e demais departamentos ligados diretamente à manutenção. Este processo possibilitou a integração de novos elementos e de elementos internos que assumiram novas funções devido ao bom desempenho apresentado.

5.5 Análise crítica global

A realização deste trabalho, possibilitou uma melhor estruturação do DMI. Traduzidos em esforços aplicados em termos melhorias na organização de todo o departamento, na gestão financeira, na gestão da equipa, na gestão de contrato com os fornecedores, e também uma melhor comunicação entre o DMI e o Departamento da Produção.

Estes pontos se resumem em ganhos conquistados a toda empresa, uma vez que a manutenção tem um papel fundamental dentro de uma organização.

Em termos financeiros, ficou evidente a redução de custos com manutenção e peças em armazem, através das análises realizadas aos indicadores de desempenho implementados. Melhor organização e processo de reformulação da equipa, formações realizadas com intuito de elevar o nível técnico dos elementos.

A partir das análises realizadas, ficou evidenciado a importância e a necessidade que havia em ter um melhor acompanhamento através de indicadores de desempenho, que hoje se fazem mais presentes na gestão do DMI, através dos indicadores já existentes e dos novos indicadores implementados.

As atividades de manutenção aplicadas na UAP 4, se mostraram eficientes, servindo de modelo para ser estendido por toda fábrica. Esta fase de expansão do modelo de manutenção preventiva encontrava-se em andamento até a data final deste presente trabalho.

As conquistas obtidas na UAP 4 em termos de manutenções realizadas por entidades externas, possibilitaram a aceitação por parte da direção em manter esta condição, para outros grupos de equipamentos aos quais a manutenção por parte de equipe interna se mostrava ineficiente. Ao fim deste trabalho, foi conseguido a contratação de equipe externa para execução das manutenções nas máquinas de corte e para o módulo de fabricos de espiral.

CONCLUSÕES

6.1 Conclusões

6.2 Contribuição para a empresa e para o estagiário

6.3 Trabalhos futuros

6 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

6.1 Conclusões

Com a conclusão do estágio e correspondente projeto, ficaram evidentes os resultados alcançados a nível organizacional, assim como os efeitos e aprendizagens desenvolvidos ao longo deste a nível pessoal pelo estudante.

De acordo com os objetivos organizacionais, estipulados ao início do projeto, resumem-se os principais contributos para a empresa na Tabela 50.

Tabela 50 - Análise ao cumprimento dos objetivos propostos para o projeto (em verde significa implementado e amarelo o que está em desenvolvimento)

Objetivos	Ações adotadas	Avaliação
Plano de manutenção preventiva	- Análise ao histórico de avarias dos equipamentos para definição da sua criticidade;	✓
	- Definição de equipa técnica responsável pelas ações de manutenção;	✓
	- Plano de manutenção preventiva aplicado na UAP 4;	✓
	- Plano de manutenção preventiva para toda fábrica;	✓
	- Contratação de serviço externo de manutenção para auxiliar equipa interna.	✓
Melhoria na Gestão da Manutenção	- Reunião diária com os técnicos no início de cada turno para identificação dos problemas apresentados;	✓
	- Revisão aos contratos com fornecedores externos;	✓
	- Reformulação da equipa;	✓
	- Criação de novos procedimentos de trabalho;	✓
	- Acompanhamento diário e semanal aos indicadores de desempenho;	✓

Objetivos	Ações adotadas	Avaliação
Necessidade de melhorias no módulo de injeção de plástico	- Realização de diversas ações melhorias para evitar futuras avarias nas máquinas de injeção de plástico;	✓
	- Revisão, e atualização do <i>checklist</i> das atividades de manutenção preventiva;	✓
	- Criação de um PMP para os robôs manipuladores;	✓
	- Criação de <i>checklist</i> para as atividades de manutenção nos robôs manipuladores;	✓
	- Reduzir um elemento externo, substituir por um elemento da casa e garantir formação.	✓
Redução de <i>stock</i> e custos em armazém	- Criação de estoque de peças de desgaste na casa do fornecedor;	✓
	- Realização de inventários;	✓
	- Definição de mínimos e máximos das peças em <i>stock</i> ;	✓
	- Aplicação de indicador de desempenho para acompanhamento dos valores existentes em <i>stock</i> ;	✓
	- Metodologia <i>Lean</i> aplicada no PMP, visando trabalhar com o mínimo <i>stock</i> possível;	✓
	- Criação de novos fornecedores alternativos.	✓

Durante a realização deste projeto, ficou evidente que em todas as suas fases, o trabalho em grupo demonstrou ser fundamental para a qualidade e viabilidade dos resultados obtidos.

A metodologia de trabalho seguida pela Direção do DMI, possibilita o fácil acesso das pessoas para apresentarem os problemas identificados no dia-dia, e assim realizar o acompanhamento destes problemas e trata-los. A partir desta dinâmica de trabalho, foi possível identificar e realizar diversas ações de melhorias nos equipamentos da fábrica. Este fato, torna as pessoas concientes da sua importância na obtenção de sucesso no projeto.

A metodologia (RCM) com base na fiabilidade aplicada aos ativos, que foi aplicada, mostrou-se como uma técnica dinâmica, ficando evidente ser uma ferramenta estruturada com capacidade em fornecer análises com elevado detalhe.

Ao fim desta dissertação, foi identificado que a partir dos indicadores de desempenho apresentados no no Subcápítulo 5.2, foi possível alcançar resultados positivos para a organização.

6.2 Contribuição para a empresa e para o estagiário

Para além dos benefícios conquistados pela empresa, o presente projeto contribuiu também para o estagiário a nível pessoal e profissional, onde se destacam:

- Consolidação dos conhecimentos teóricos e aplicação destes na prática;
- Estar inserido em uma organização industrial, em um setor com elevada competitividade, entender o funcionamento e rotinas de trabalho;
- Desenvolvimento e evolução na capacidade de trabalho em equipa, resolução de problemas e definição de planos estratégicos;
- Desenvolvimento de competências a nível de disciplina (prazos bem definidos) e apresentação de resultados à direção;
- Contacto direto com fornecedores para tratativas de pedidos de peças e para desenvolvimento de soluções de problemas;
- Desenvolvimento de competências em *softwares* de desenho 3D;
- Prolongamento do vínculo de estágio na Ficocables. Lda.

6.3 Trabalhos futuros

Com a concretização dos objetivos propostos, foram identificadas outras necessidades a serem trabalhadas. As propostas de trabalho futuro resultam do seguimento do projeto desenvolvido, ou seja, dar continuidade ao PMP às restantes UAP's. Passando por, inserir o PMP no novo sistema informático (MAPEX), aplicado na empresa. Aplicar manutenção de melhoria em outros grupos de equipamentos da fábrica.

Criar soluções que automatizem boa parte do trabalho realizado no armazém, como por exemplo: a partir da definição completa dos valores mínimos e máximos em *stock*, seja feita automaticamente a solicitação da encomenda dos artigos pelo sistema informático. Deve-se melhorar o *layout* do armazém, de modo que qualquer pessoa possa identificar e localizar o artigo desejado.

Com vista a solucionar o problema apresentado relativamente às colunas partidas, sugeria a implementação de um plano de manutenção preditiva nas máquinas do módulo de injeção de plástico, como por exemplo a contratação de serviços de análise de vibrações. A partir das análises realizadas no laboratório do CEMUP, foi identificada a real necessidade, e então foi definido com a Direção do DMI, que o fornecedor das

colunas deve buscar fornecedores alternativos para a matéria-prima, de modo a selecionar o fornecedor que apresente maior qualidade em termos de material e tratamento, apresentando os laudos comprovativos das características do material. Este processo deve ser acompanhado e checado pelo DMI.

Para além das propostas de trabalhos futuros, deve-se acompanhar e assegurar o cumprimento das ações já aplicadas na fábrica e assegurar a viabilização das novas ações sugeridas.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

Referências

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

Referências

- [1] Higgins, Lindldley R. *Maintenance Engeneering Handbook*. McGrawHill, United States, 5 ED, 1995. ISBN: 978-0071826617.
- [2] J. Moubray, *Reliability-centered maintenance*. 2and Edition. United Kingdom. 1997. ISBN: 9780831131463.
- [3] F. D. Amaral, *Gestão da Manutenção na Indústria*. LIDEL, Lisboa. 2016. ISBN: 9789897521515.
- [4] K. A. H. Kobbacy and D. N. P. Murthy, *Complex System Maintenance Handbook*. Springer, London, UK, 2008. ISBN: 9781848000100.
- [5] Márquez, Adolfo Crespo. *The Maintenance Management Framework: Models And Methods For Complex Systems Maintenance*. Springer. London. 2007. ISBN: 978-1-84628-821-0.
- [6] Kardec, A., & Lafraia, J. R. B.. *Gestao Estrategica E Confiabilidade*. QUALITYMARK. Rio de Janeiro. 2002. ISBN: 978-8573033823.
- [7] Gulati, R., & Smith R. (2009). *Maintenance and Reliability Best Practices*. Industrial Press.
- [8] Pinto, J. P. (2013). *Manutenção Lean*. ISBN: 9789727578771.
- [9] Bevilacqua, M.; Braglia, M. *The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection*. Reliability Engineering and System Safety, 71-83. Itália, 2000. DOI. 10.1016/S0951-8320(00)00047-8
- [10] Souza, Rodrigo de Queiroz. *Metodologia e Desenvolvimento de um Sistema de Manutenção Preditiva Visando à Melhoria Da Confiabilidade de Ativos nas Usinas Hidrelétricas*. Dissertação de Mestrado em Sistemas Mecatrônicos. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília. Brasília, 2008.
- [11] T. Wireman, *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance*. Industrial Press, New York, U.S.A., 1998. ISBN: 978-0831132446.

- [12] Smith, Ricky; Mobley R. Keith. *Industrial Machinery Repair: Best Maintenance Practices Pocket Guide*. Elsevier Science. Estados Unidos da América. 2003.
- [13] A. Conceição, "*Manutenção Baseada na Condição na Tabaqueira, E.I.T.*," Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2013.
- [14] EUROPEAN STANDARD NORME EUROPÉENNE EUROPÄISCHE NORM. Maintenance - Maintenance terminology EN 13306:2010, 2010.
- [15] T. Wireman. (2004). *Benchmarking Best Practices in Maintenance Management*. Industrial Press.
- [16] C.-F. Lindberg, S. Tan, J. Yan, and F. Starfelt, "*Key Performance Indicators Improve Industrial Performance*," *Energy Procedia*, vol. 75, pp. 1785-1790, 2015/08/01/ 2015.
- [17] M. Ben-Daya, A. Raouf, J. Knezevic, D. Ait-Kadi, & Duffuaa, S. O. (2009). *Handbook of Maintenance Management and Engineering*. ISBN: 9781848824713.
- [18] M. T. Garvens, "A Guide to OEE - *Overall Equipment Effectiveness*," Checkweighing White Paper, 2012.
- [19] Lima, José Ricardo Tavares; Santos, Alex Alisson Bandeira; Sampaio, Renelson Ribeiro. *Sistemas de gestão da manutenção – Uma Revisão Bibliográfica Visando Estabelecer Critérios para Avaliação de Maturidade*. In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos, SP, 2010.
- [20] E. Sousa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, M. T. Pereira, R. Gouveia, R. P. Silva (2018). "*Applying SMED methodology in cork stoppers production*," *Procedia Manufacturing*, 17, 611-622.
- [21] R. Carvalhinho, "*Overall Maintenance Effectiveness – Modelo de Gestão de Equipas de Manutenção: Um Caso de Estudo na Indústria Alimentar*," Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Industrial e Gestão, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2016.
- [22] Britto, Ricardo Pitelli; Pereira, Marcio Adão. *Manutenção Autônoma: Estudo de Caso em Empresa de Porte Médio do Setor de Bebidas*. Relato de experiências. VII Seme ad. São Paulo, 2003.

- [23] A. Crespo Márquez, P. Moreu de León, J.F. Gómez Fernández, C. Parra Márquez, M. López Campos (2009). *The Maintenance Management Framework: A Practical View to Maintenance Management*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 15(2), 167-178.
- [24] Murthy, D. N. P.; Atrens, A.; Eccleston, J. A. *Strategic Maintenance Management*. Journal of Quality in Maintenance Engineering. VOL. 8. Noruega, 2002. DOI: 10.1108/13552510210448504
- [25] Reiter, Dale. *Maintenance Managers In The Pursuit Of World-Class Performance*. Business Industrial Network. Saint Louis, 2015.
- [26] Dhillon, B.S. *Engineering Maintenance: A modern approach*. Engineering. Crc Press LLC. Florida, Estados Unidos da América. 2003.
- [27] Sellito, Miguel Afonso; Fachini, Silmar José. *Análise Estratégica da Gestão de Manutenção Industrial de uma Empresa de Metal-Mecânica*. E-tech: Tecnologias para Competitividade Industrial, Florianópolis, vol. 7, n.1, 2014.
- [28] Tsang, A. H. C. *Strategic Dimensions of Maintenance Management*. Journal of Quality in Maintenance Engineering. VOL. 8(1), 7–39, 2002.
- [29] Veres, C., Marian, L., Moica, S., & K., & A.-A. (2017). *Case study concerning 5S method impact in an automotive company*. Procedia Manufacturing. Obtido de <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127>.
- [30] Prabhakar Deepak; Raj Jagathy. *CBM, TPM, RCM and A-RCM – A Qualitative Comparison of Maintenance Management Strategies*. International Journal of Management & Business Studies. Índia, 2014.
- [31] Marquez, A. C., (2007). *The Maintenance Management Framework*. ISBN: 978-1-84628-820-3.
- [32] Cabral, J. S. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção*. Lisboa: 6ª Edição, Lidel – Edições Técnicas Lda.
- [33] Nakajima, S. (1993). *Introduction to TPM, Productive Press*. Cambridge: MA
- [34] Ribeiro, H. (2007). *Total Productive Maintenance – Manutenção Produtiva Total*. Banas Report.
- [35] Gulati, R. (2012). *Maintenance and Reliability Best Practices*. Industrial Press.

- [36] Campbell, D., & Jardine, A. K. (2001). *Maintenance excellence: optimizing equipment life-cycle decisions*. Dekker, New York, U.S.A. ISBN: 9759780824704971.
- [37] Santos, R. F. L., Silva, F. J. G., Gouveia, R. M., Campilho, R. D. S. G., Pereira, M. T., Ferreira, L. P. (2018). *The Improvement of an APEX Machine involved in the Tire Manufacturing Process*. *Procedia Manufacturing*, 17, 571-578.
- [38] Andrew P. Dillon. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Taylor & Francis. Routledge, United Kingdom, 2019. ISBN 1351469398, 9781351469395
- [39] Carreira, B. (2005). *Lean Manufacturing that Works: Powerful Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits*. American Management Association. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=Ze1T8fwMxRQC>
- [40] Shingo, S. (2000). *Sistema de Troca Rápida de Ferramenta*. BOOKMAN COMPANHIA ED. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=LtwNgZQ6CA8C>.
- [41] Ortiz, C. A. (2007). *Kaizen Assembly: "Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line"*. June 28, 2006. *Assembly Automation* (Vol. 27). CRC Press. <https://doi.org/10.1108/aa.2007.03327aae.001>
- [42] Titu, M. A., Oprean, C., Grecu, D., & Law, S., (2010). *"Applying the Kaizen Method and the 5S Technique in the Activity of Post-Sale Services in the Knowledge-Based Organization,"* III.
- [43] Moura, R., Banzato, J.M (1994), *Jeito inteligente de trabalho: Just-in-Time a reengenharia dos processos de fabricação*. IMAM.
- [44] Marc Martins, Radu Godina, F. J. G. Silva, João C. O. Matias. (2018). *"A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry"*. *Procedia Manufacturing*, 17, 647-657. doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.113.
- [45] Murça, Vítor Armando de Almeida. *Aplicação da filosofia Lean na área da Manutenção*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa, 2012.
- [46] C. Rosa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, R. Campilho. (2017). *SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry*. *Procedia Manufacturing*. Vol. 13, 1034-1042. doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110

- [47] Dhillon, B. S. *Reliability, Quality And Safety For Engineers*. Crc Press LLC. Florida, Estados Unidos da América. 2005.
- [48] F.J.G. Silva, Raul D.S.G. Campilho, L. P. Ferreira, M. T. Pereira. (2018). "*Establishing Guidelines to Improve the High-Pressure Die Casting Process of Complex Aesthetics Parts*". *Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry 4.0*. doi:10.3233/9781614998983887.
- [49] I. Antonioli, P. Guariente, T. Pereira, L. Pinto Ferreira, F. J. G. Silva. (2017). "*Standardization and optimization of an automotive components production line*". *Procedia Manufacturing*, Vol. 13, pp. 1120 - 1127.
- [50] ISO 22400:2014. (2014). *Automation systems and integration* - Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management.
- [51] Khanlari, Amir; Mohammadi, Kaveh; Sohrabi, Babak. *Prioritizing Equipments For Preventive Maintenance (PM) Activities Using Fuzzy Rules*. Ciencedirect. Tehran, Iran, 2007.
- [52] P. Guariente, I. Antonioli, L. Pinto Ferreira, T. Pereira, F. J. G. Silva. (2017). "*Implementing autonomous maintenance in a automotive components manufacturer*". *Procedia Manufacturing*, Vol. 13, pp. 1128–1134.
- [53] R. J. S. Costa, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho. (2017). "*A novel concept of agile assembly machine for sets applied in the automotive industry*". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 91, pp. 4043-4054. doi:10.1007/s00170-017-0109-4.
- [54] S. Ferreira, F. J. G. Silva. R. B. Casais, M. T. Pereira, L. P. Ferreira. (2019). "*KPI development and obsolescence management in industrial maintenance*". *Procedia Manufacturing*, Vol. 38, pp. 1427 - 1435. doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.145
- [55] S. Nakajima, *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press, 1988. ISBN: 9780915299232.
- [56] Smith, A. M., & Hinchcliffe, G. R. (2003). *RCM--Gateway to World Class Maintenance*.
- [57] Tomé Pombal, Luís Pinto Ferreira, J. C. Sá, Maria Teresa Pereira, F. J. G. Silva. (Junho de 2019). "*Implementation of Lean Methodologies in the Management of Consumable Materials in the Maintenance Workshops of an Industrial Company*".

- Procedia Manufacturing, Vol. 38, pp. 975-982. doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.181
- [58] T. Santos, F. J. G. Silva, S. F. Ramos, R. D. S. G. Campilho, L. P. Ferreira. (2019). "Asset Priority Setting for Maintenance Management in the Food Industry". Procedia Manufacturing, Vol. 38, pp. 1623-1633. doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.122.
- [59] G. F. L. Pinto, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, R. B. Casais, A. J. Fernandes, A. Baptista. (2019). "Continuous improvement in maintenance: a case study in the automotive industry involving Lean tools". Procedia Manufacturing, Vol. 38, pp. 1582-1591. doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.127.
- [60] Ficocables. (2018, 28/01/2020). NEWS. Available: <https://www.ficosa.com/news/ficosa-reinforces-its-presence-in-portugal-with-new-facilities/>.
- [61] FICOCABLES, LDA. MANUAL DE ACOLHIMENTO. 2019.
- [62] FICOSA, INTERNACIONAL. Available: <https://www.ficosa.com/company/ficosa-corporation>. ACESSADO EM:28/02/2020. cap 2
- [63] Model 'V-SD'-Double Shuttle Table Available:<https://www.multiplastw.com/product/81>
- [64] J. E. Bauer, G. L. Duffy, and R. Westcott, The Quality Improvement Handbook. ASQ Quality Press, 2006. ISBN: 9780873896900
- [65] R. Basu, Implementing Six Sigma and Lean. Elsevier, 2009. ISBN: 9781136346484.
- [66] B.M.D.N. Moreira, Ronny M. Gouveia, F. J. G. Silva, and R. D. S. G. Campilho, "A Novel Concept of Production and Assembly Processes Integration," Procedia Manufacturing, vol. 11, pp. 1385-1395, 2017. doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.268
- [67] NP EN ISO 9000:2005, Sistemas de Gestão da Qualidade – Vocabulários e fundamentos. (2015). Instituto Português da Qualidade.
- [68] Logothetis, N. (1992). Managing for Total Quality - From Deming to Taguchi and SPC: Pretince Hall.
- [69] Stevenson, W. J. (2009) Operations Management. 11th edn. New York: McGrawHill. ISBN: 978-0073525259.

- [70] Rawlinson, J. G. (2017) *Creative Thinking and Brainstorming*. New York: Routledge. ISBN:978-0704505438.
- [71] Conceição Rosa, F. J. G. Silva, Luís Pinto Ferreira *“Improving the quality and productivity of steel wire-rope assembly lines for the automotive industry”*. *Procedia Manufacturing*, Vol. 13, pp. 1035–1042. doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.214.
- [72] T. A. M. Castro, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho *“Optimising a specific tool for electrical terminals crimping process”*. *Procedia Manufacturing* 11 (2017) 1438 – 1447. doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.274.